

アスファルト

第35巻 第174号 平成5年1月発行

174

特集・座談会とQ&A

座談会

アスファルトをかたる

司会 飯島 尚 1

Q & A

25

<アスファルト舗装技術研究グループ・第14回報告>

「第1回・アスファルト舗装に関する国際会議」の論文抄録

姫野賢治・アスファルト舗装技術研究グループ 50

<海外報告>

第5回ユーラスファルト国際会議の概要報告

野村敏明 70

<用語の解説>

切削深さ、オーバーレイ厚

小島逸平 80

熱可塑性エラストマー・ウレタン系エラストマー

児玉充生 82

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料

83

ASPHALT

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

第66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。

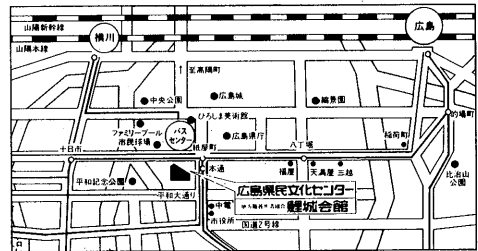
内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

敬 具

記

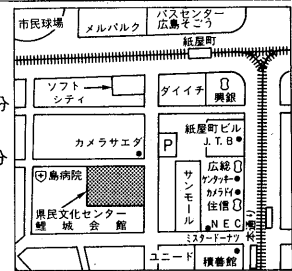
1. 主 催 社団法人 日本アスファルト協会
2. 協 賛 社団法人 日本アスファルト乳剤協会
3. 後 援 建設省、社団法人 日本道路建設業協会、社団法人 日本アスファルト合材協会、
社団法人 日本道路建設業協会中国支部、広島県アスファルト合材協会、
広島県アスファルト舗装協会
4. 開催日時 平成5年2月19日（金） 9:00~16:50
5. 開催場所 広島県民文化センター（案内図参照） 広島市中区大手町 1-5-3 ☎082-245-2311
6. 内 容 裏面「プログラム」参照
7. 申込方法 平成5年1月31日までに下記参加申し込み書に必要事項をご記入のうえ参加費を添えて現金書留でお申し込み下さい。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 FAX 03-3502-3376
9. 参加費 4,000円
10. 参加人数 500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。参加者の変更を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

広島駅から
…バス、電車で約10分
広島バスセンターから
……………徒歩約3分



キ リ ト リ 線

第66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5年2月19日(金) 9:00~16:50

開催場所 広島県民文化センター

広島市中区大手町1-5-3 ☎082-245-2311

1. 挨拶

9:00~9:15

社団法人 日本アスファルト協会会長

高 島 陽 一

建設省中国地方建設局長

豊 田 高 司

広島県土木建築部長

岡 村 篤 文

広島市建設局長

横 山 良 三

2. 講演にあたって

9:15~9:25

社団法人 日本アスファルト協会名誉会長

谷 藤 正 三

3. 話し方の工夫

9:25~10:25

財団法人 日本道路交通情報センター アナウンサー 谷 崎 朋 子

4. 第11次道路整備五ヵ年計画と平成5年度道路整備予算案

10:25~11:25

建設省道路局企画課道路経済調査室長

高 田 邦 彦

5. 中国地域の道路整備について

11:25~12:25

建設省中国地方建設局道路部長

古 木 守 靖

(昼食休憩 12:25~13:15)

6. 色々なニーズに対応した舗装

13:15~14:25

建設省道路局地方道課市町村道室長

矢 野 善 章

(休 憩 14:25~14:30)

7. 舗装の評価に関する調査法概論

14:30~15:40

日本大学理工学部土木工学科教授

阿 部 頼 政

8. 世界、日本の道路・鉄道・空港のトレンド

15:40~16:50

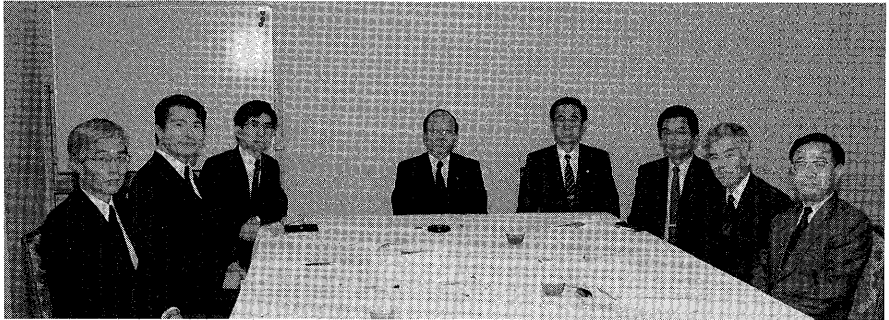
福岡大学工学部土木工学科教授

吉 田 信 夫

(講師は都合で変更することがあります)

座談会

「アスファルトをかたる」



司会 飯島 尚
(50音順)

秋葉 國造
荒井 孝雄
片脇 清士
栗谷川裕造
小島 逸平
白神 健児
鶴窪 廣洋

建設省土木研究所研究調整官

日本石油㈱中央技術研究所トライボロジー研究室主管研究員
日本舗道㈱技術研究所専門課長
建設省土木研究所地質化学部化学研究室長
日本大学生産工学部土木工学科専任講師
熊谷道路㈱技術研究所第一研究部長
(社)日本トライボロジー学会事務局次長
日本道路公団試験研究所舗装試験研究室長

平成4年11月17日(火)
虎ノ門パストラルにて

☆アスファルト採取原油☆

飯島 本日皆さんにお集まりいただいたのは、最近アスファルトの需給・品質等に関連して原油状況がいろいろ変わってきているんじゃないかというお話があるようです。

そこで本日は、アスファルトにくわしい専門家の皆さんにお集まりいただきまして、アスファルト舗装材料に焦点を当てて座談会を企画したわけです。

まず最初にアスファルトの生産に関連する話題として原油の選定ですが、日本で生産されている舗装用アスファルトについて、どのような原油から生産されているのか、またそれが単独の原油から作られているのか。この点、秋葉さんいかがでしょうか。

秋葉 アスファルトを生産する原油というと、たとえばカフジ原油などから作るというのが通常で、昔はアラビアンライトなど軽質な原油からはなかなかでき

ないと言われていました。ところが石油精製技術が向上したということになると思うんですが、いろんな原油から作れるようになりました。

日本では、どういう原油から作るかということになりますが、結局、石油精製の目的というのはアスファルトだけではなくて、ガソリンを始めとする石油製品全部を含めて考えていますので、その中でアスファルトを生産するということになります。

通常アスファルトを生産する原油としては、ナフテン基原油とか中間基原油から作ると言われています。そういうことから考えると大体日本に入ってくる原油は特殊なもの、大慶原油とか、スマトラ原油のような南方のものを除くと、大体作ろうと思えばできるということになってきます。多少、装置の能力的な問題から作りにくいことはあっても大体できます。

その中でも通常どのような原油から作るか。これは

各社によって違ってくると思いますが、ごく平均的に言えばアラビア原油・カフジ原油・イラン原油・クエート原油等中東系の原油から作られております。

白神 これまでの舗装用アスファルトの生産原油の変遷という点では、『アスファルト』137号の14ページに関根さんが書いておられるので、これが非常に参考になると思いますが、古く昭和30年代はナフテンベースがかなりの比率で使われておりましたが、35、6年頃からミックスドベースのものが増えてきて、例のABC規格なんかもありました。

その後は、中東系のいわゆる重質原油が主体となってきましたが、例の一次、二次の石油ショックを機に原油の入手もあまり自由にできないこともありまして、その後、原油の供給ソースを方々に求めるといことで、原油の種類が多様化したことは確かに事実としてあります。

しかし、多様化した原油の全てからアスファルトを製造しているというのではなく、アスファルトに向いている原油があるので、それを中心に製造しています。つまり、メインで量的に沢山作っているものは、アラビアンヘビーとか、カフジとか、いわゆるアスファルトに向いた原油から製造していますね。

秋葉 大体、石油製品は年間2億2千万klぐらいの生産になるんですが、そのうちアスファルトの需要というのは3%ぐらいで、量的には非常に僅かです。

アスファルトのオペレーションとしては一つのトッパーの系列で数日運転すると、その月の必要生産量が採取できるというようなイメージになると思いますね。そうすると、それに合わせる原油というのは比較的単独に処理することができるので、私どもも今回調べてみたんですが、比較的ピュアに取れている感じです。

荒井 アスファルト採取に向いてる原油から取っているということは、それ意外の原油からは、アスファルトは含まれていても取っていないということですか。

秋葉 アスファルトは採取していません。

荒井 他の用途向けられている訳ですね。

秋葉 ええ、重油とか。

白神 原油の15~20%がアスファルト分だと仮定すると、潜在的には約4千万トンぐらいあります。それはいいものも悪いものもありますけど、アスファルト留分としてはそれぐらいあるんですが、実際の需要が600万トンぐらいですから、その比率を考えていただければ原油の選択ができるということがわかると思います。

荒井 そうすると、言い方は悪いですが、我々から

見ると変なものからは取っていないということになるのでしょうか。

白神 まあ、そういうふうに信じていただきたいですね。

秋葉 具体的にアスファルトはこの原油から取ると決めてやってますから、そういうことになります。厳密な意味で言えば、たとえば中東から原油を運んできて、我々ですと喜入基地がありますから、そこに蓄めて、そこからまた製油所に輸送して処理するという形になります。ある程度タンクの施設は限られていて、購入する原油のソースは非常に沢山ありますから、どうしても何種かの原油は混ざって中間の喜入基地で貯えるという恰好になるんですが、その中でも特に分けなければいけない原油というのは——たとえばアラビアンヘビー原油からアスファルトを取るのなら——その分を単独にタンクに確保します。

鶴窪 昔と比べて何か変わっているところはありますか。

秋葉 変わっているところはないと思いますけれど。

飯島 基本的に変わってないというのは、どのような点から判断していえるのでしょうか？。

白神 メーカーとして強調したいのは、いわゆるサルファの問題があるんです。ご承知のように燃料の中のサルファは厄介もので、どうやって下げようかと苦心しているんですけども、アスファルトの中にはサルファはあってもいいので、いわゆる我々がいいアスファルトと考えるのはサルファが多く含まれています。

メーカーからすれば、サルファをお金をかけて脱硫して重油を作るよりは、そのままアスファルトに使っていただいたほうがいいんで、そういう観点からもアスファルトに向いた原油からアスファルトを作るといのは、トータルの燃料の脱硫という観点からも、サルファ分の多い原油からアスファルトを取って、それを使っていただいたほうがコスト的にも有利なんです。そういうことからやはり石油会社としては、サルファ分の多い良いアスファルトの取れる原油を選択的にアスファルトに使っているんだということです。

飯島 品質の面からサルファが多いというのはどうなんです。

小島 たとえば混合物を作る時にはアスファルトの温度を調整しているわけですが、そういう時にサルファというのは何か影響はないのでしょうか。

白神 ここで言うサルファというのは、フリーの状態ではなくて、石油留分の1構成分子として組み込ま

れているいわゆる有機のサルファですから。

荒井 いわゆるサルファアスファルトの中のサルファの形態とは違う訳ですね。

白神 ええ。そういうフリーの硫黄分があるのではなくて。

秋葉 分子的に組み込まれている。

白神 架橋的な形で入ってますので、それは少々過熱したからといって出てくるようなことはない。ただ臭いがちょっとあるとか……。

飯島 パーセンテージから言うと元素の形でCとかHなどがどのぐらい入っているんですか？。

白神 大雑把にいったらCとHで95～7%, Sが3～5%ぐらいでしょう。

飯島 硫黄分が多いとアスファルトに好ましくない他の成分も多いということはないんですか、ワックス分が多いとか。

白神 ワックス分は逆に少なくなります。同じ重質原油でも大慶などは、ワックス分は多いんですけど、サルファは非常に少なく、0 コンマ何%といったように原油によっても様々です。

飯島 するとアスファルトに向けた原油というのはサルファ分を目安にすると考えていいんですか。

白神 そうですね。

秋葉 しかし本質的にはサルファとアスファルトの性質とは違ったものでしょう。だからあんまりサルファでアスファルトを合わせちゃうのはちょっと違うような気がします。議論としてあまりそこを深めてもしようがないと思います。

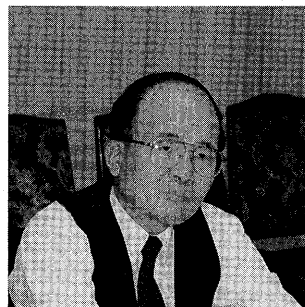
今のケースは、たとえばカフジ原油はサルファが高くて、アスファルトにも向いているから、サルファの多いのがアスファルトにいいということはありませんけども、本質的にサルファがあるからアスファルトとしていいとか悪いとかいう議論はあまり……。

鶴窪 飽和分とかアスファルテンとかありますね。それが一番の指標になるんですか。

秋葉 そう思います。そこから先が、私はこれからの問題だと思ってます。その辺の議論は今まであまり深められてなかったんじゃないかという気がします。

☆道路用アスファルトの生産・流通☆

飯島 では議論を先に進めますが、先ほど全アスファルトが600万トンというお話がありましたが、そのうち道路用は430万トン程度だと思いますが、毎日生産されているということじゃないんですかね。国内全体で



飯島 尚氏

アスファルトを生産しているところは何カ所ぐらいあるんでしょうかね。

白神 日本全国で製油所が44カ所ありますが、そのうちアスファルトを生産している製油所が28カ所。それ以外にも潤滑油専門メーカーの製油所において作っているところがありますので、全部で32カ所です。

飯島 すると平均して1カ所で年間約20万トン。1回の生産というのはロットでいうとどの位ですか。

秋葉 アスファルトのタンクが大体1万トン、トッパの能力が仮に10万バレル/日として、恐らく数日のオペレーションでタンクは満タンになってしまう筈です。

白神 原油は、最初、常圧蒸留装置にかかります。そのあとの減圧蒸留装置の段階でアスファルトが1万トンとか、1万5千トンとか、製油所の規模に応じてタンクを持ってますから、それが一杯になったら、そこで一つのロットが成立つということです。その製造の途中でサンプルを取って、あと出来上がった段階で全項目試験するという事で品質管理をやっています。

飯島 舗装用アスファルトにもいくつかの段階があると思いますが、どういう作り方をしているんでしょう

表-1 石油アスファルトの品質別内需実績

項目	需 要 量 : (1,000 t)					
	ストレート			計	燃焼用	ブローン
年度	道路用	工業用	計			
45	3,235	—	3,235	—	275	3,510
50	3,565	190	3,755	—	260	4,015
55	4,232	184	4,416	—	287	4,703
60	3,739	139	3,878	911	246	5,035
61	3,979	241	4,220	1,238	237	5,695
62	4,252	360	4,612	995	255	5,862
63	4,307	421	4,728	967	258	5,953
元	4,359	447	4,806	933	251	5,990
2	4,416	606	5,022	929	254	6,205
3	4,310	590	4,900	796	241	5,937

出所：通産省エネルギー生産・需給統計月報

(注)日本アスファルト協会

うか。

白神 やはり60/80は全国的に需要が多いので、各製油所で作ってると思います。しかし、40/60は需要地域に限られていることもあって、作っている製油所は限られていますね。北のほうでは80/100がメインですから、それを作っています。あと乳剤用の150/200とか、200/300がありますが、これも一つの製油所で全種類を作ってるわけじゃありません。

飯島 乳剤用も限られた作り方をしているんですか。

秋葉 そうですね、我々のほうでもあまり作っていないと思います。量的にわずかですから。ですから主体としては60/80を京浜の製油所で作り、北海道の製油所で80/100を作っています。

また、出荷系統にもよるんですけど、製油所で2系列持つこともあります。製油所の数は少ないですから、1カ所で60/80と80/100を作り、北のほうには80/100を送り、西のほうには60/80を送るとか、そういうこともあります。ケース・バイ・ケースですけどね。

比較的系列としては少なく、1系列あるいは2系列ぐらいという恰好になってます。

飯島 同じ地域で季節によって40/60、60/80と使い分けることがあるのでしょうか。

白神 ブローンの場合、夏は10/20、冬は20/30ということがあります。道路用については聞いたことがありませんね。

鶴窪 針入度の話ですが、交通量が増え、あるいは重車両が多くなり、補修原因の大部分は流動によるわだち掘れとなっていることから、耐流動を考慮し、今年4月に設計要領の改定を行いました。その中で40/60の低針入度のものは、わだち掘れ対策には有効です。

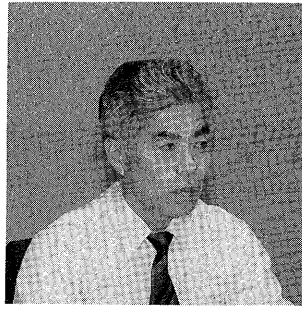
生産の面から40/60のものが少ないというお話でしたが、需要が増えれば、供給体制として、それを増やすことは可能ですか。

白神 需要が増えれば製造することは可能ですが、現在の60/80に加えて40/60のタンクが必要になるので、それだけの設備投資が必要となります。

製造技術はあるんですけど、入れ物の問題が、油種が増えることにすぐ対応できない最大の理由ですね。

飯島 一般論ですが、どのぐらいの距離まで運ばれているんですか。

白神 今、油槽所からローリーで輸送しておりますが、私の聞いた範囲では160~170℃ぐらいの出荷温度で運びますけど、4~5時間走っても、ほとんど温度下がっていないということですから、今の日本の交通



白神 健児氏

事情から考えれば4~5時間から、もう少し長距離でも運べるんじゃないでしょうか。

飯島 4~5時間として一般道路を使って約200kmぐらいは充分に運べるということでしょうか。

白神 はい。

鶴窪 先ほどの設備投資の話ですけど、2タンクは大体あって、それ以上増やすとコスト面で割高になるということでしょうか。

関東地区周辺では40/60の供給体制ができており、その他の地区への拡大の方法が何か……、我々としては現に製品入手に困っているわけで、耐流動性からすれば低針入度のがいいし、日本より温度の低い国でもこれより低い針入度のものを使ったり、40/50と幅の狭いものも作っており、せめて40/60が供給出来るようお互い接点を見出すため、この機会に是非検討をお願いしたいと思います。

秋葉 系列の増えるのが設備投資を伴うわけで、たとえば40/60を使うということは、当然今まで使ってた60/80が減ってきて40/60が増える、要するに完全に置き変わるという形でしたら、2系列のままですから問題になりません。あとの問題は切り換えるタイミングとか、3系列になる時期をどうしのぐとか、実施レベルのいろんな議論が煮詰まればいいんじゃないかと思いますね。

鶴窪 200kmは運べるということですから、全国的に配置を考えて、どこで何を作って、どう配分するとか……。

秋葉 ええ、それは方法があると思いますよ。

☆舗装用アスファルトの規格☆

小島 アスファルトの規格というのは、舗装のどういう性能に係わりがあって、8つか9つの規格が決まっているかということですけど、使う側からすると、たとえばコアがとりにくいようなアスファルトは除き

たいとか、フラッシュの多いものは除きたいとか、そういう現地の意見を考慮して決まっているんじゃないかなと私は理解しています。その中で40/60と80/100では伸度が極端に違う。かたや100cm以上、片や40/60は10cm以上というので、これは50年頃の共通試験の結果から平均値で決めた値なので、性能的なことと言われるとちょっと苦しいのですが、よく伸びる40/60というのではないかなという感じがします。

飯島 確かに今の規格は舗装用に4段階ありますが、40/60は伸度が10。あとは全部100以上で、そこにギャップがありますよね。

私は性状というのは、もう少し連続的に変化しているんじゃないかなと思うんですけど、そういうことから言うと、伸び性状の10以上というのは、たとえば50以上とか、30以上とか、連続的にはできないものなんではないでしょうか。

秋葉 普通、石油精製でやることは原油から絞りこんでいってアスファルトの針入度を40/60に合わせていくことになります。

それはいろいろなアスファルトを選んでいけば、多少は、伸度のいいものが見つかるかも知れませんが、一般のアスファルトをどんどん絞りこんで、針入度を合わせれば、やはり平均的には伸度は小さくなると思いますが、いかがでしょうか。

片脇 アスファルトをもっと良くするには、いままでお話があった原油をどう選ぶかという話と、それだけでなく、このようにして選んだ原油をどう処理して変化させるかという話とがあるように思います。特に後者に大きな可能性があると考えています。

とはいえ、どのような目標でどのような内容を良くするかがまずはっきり確かめておかねばならないと思

いますが、いかがでしょうか。

ところで針入度についてですが、これを今後も物差しとすることには大きな問題があるのではないのでしょうか。

では、新しい物差しをどのようなものにするか、これらが最も重要だと思います。

レオロジカルな性能を測定機器を用いてやっとう合理的な物差しができた。だから、アスファルトを造る側にとっての指標が明確になった。じゃあ、その目標に合わせて何とか工夫をしてみようかという段階だと思います。

ですから、これからは、単に伸びればよいということではなくて、腰があって、張りがあって（笑声）…。

飯島 讃岐うどんみたいなもの、讃岐アスファルトか（笑声）。

片脇 アスファルトは、単に蒸留の結果得られたものというイメージが強すぎますね。アスファルトをもう少しケミカルと考えて積極的に触媒を入れたり、といったたぐいのものをして不具合なものを取り除くことによって、アスファルトの分子レベルでの特性を変えていく事が出来るように思いますが……。

たとえば、ケミカルモディフィケーションという方法はいかがでしょう。

アスファルト自体で2～3割の性能向上は期待できるとの説もあるようですが。

白神 それは可能性ありますよね。

小島 再生アスファルトの議論になるとすぐ伸度特性が話題になる訳です。それを確保するために、たとえばわざわざゴムを入れたりする場合もあるので、やはり当初のアスファルトといえどもある程度伸びるアスファルトのほうが、私は舗装用として望ましいとい

表-2 舗装用石油アスファルトの規格

項 目	種 類	40～60	60～80	80～100	100～120
針入度 (25℃) 1/10mm		40を超え60以下	60を超え80以下	80を超え100以下	100を超え120以下
軟化点 ℃		47.0～55.0	44.0～52.0	42.0～50.0	40.0～50.0
伸度 (15℃) cm		10以上	100以上	100以上	100以上
三塩化エタン可溶分 %		99.0以上	99.0以上	99.0以上	99.0以上
引火点 ℃		260以上	260以上	260以上	260以上
薄膜加熱質量変化率 %		0.6以下	0.6以下	0.6以下	0.6以下
薄膜加熱針入度残留率%		58以上	55以上	50以上	50以上
蒸発後の針入度比		110以下	110以下	110以下	110以下
密度 (15℃) g/cm ³		1.000以上	1.000以上	1.000以上	1.000以上
備考	①各種類とも120℃、150℃、180℃のそれぞれにおける動粘度を試験表に付記しなければならない。 ②試験方法は、「舗装試験法便覧」を参照する。				

〔注〕一般地域では主として60～80、積雪寒冷地域では主として80～100を用いる。また、100～120は極端に低温になる地域に用いることがある。一般地域で交通量が多い場合には40～60を用いることもある。

う感じを持っています。

飯島 ポイントは、わだち・ひび割れがなくて、施工しやすいアスファルトをどう作り出していくか。それを製造技術の中でどの程度までやれるか。

白神 これからの課題でしょうね。

荒井 現状ではアスファルトを取る原油は大体決めているということです。そこから取れるアスファルトが伸びるとか伸びないというのは原油で決まってしまうと言うわけですね。

白神 ええ。

荒井 ちょっとお聞きしたいのは、ストレートランとブレンドという言葉をよく聞くのですが、その辺を我々はよく理解できていないので、わかりやすく説明していただけないか。

秋葉 ブレンドというのはどういうことと言っているのかよくわからないのですが、ストレートランというのは言葉通りに言えば、原油からトッパーを通してきてくる、そのままのものがストレートランのアスファルトということになります。ですからどういうアスファルトであろうと、原油からアスファルトを物理的に分けて作り出せばストレートランですね。

荒井 その時に針入度は、欲しいものがそのまま得られるわけですか。

秋葉 そうです。オペレーションとしては目標の針入度になるように減圧蒸留装置のフラッシュの温度を決めておきます。既にわかっている作業ですからそのまま取れます。

荒井 そうするとブレンドというのは？

秋葉 ブレンドは、たとえばこういうケースがあると思うんですが、いろんなタイプのアスファルトの需要があるとしますね、40/60がほしい、60/80がほしいと。

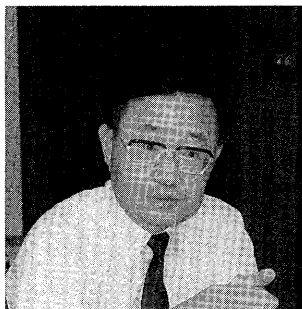
そこでたとえば、針入度の小さいアスファルトを一方で持っていて、それから80/100を持っていて、中間の60/80をほしいという時に、両方混ぜて針入度を合わせる、そういうケースはあるだろうと思うんですが。

荒井 それは極めて少ないですか。

秋葉 量的には少ないです。

白神 40/60、60/80、80/100、150/200とかある場合に、すべてをストレートでやるというのは非常に煩雑なわけですよ。ですから一番メインの汎用需要のあるものをストレートでどんどん取って、あとは混ぜる。

ですから150/200みたいな柔らかいやつを作る場合



秋葉 國造氏

は、60/80と、その60/80を製造する時に出的留出分を、いわゆるカットバックと言ってますけど、戻して、ブレンドして、針入度を調整する。それをブレンドと言ってるんだろうと思います。

秋葉 そうですね。タンクは大きいですから、たとえば需要が月に200トンとか、300トン程度しかないとな全部の種類を持ちきれないわけです。1万トンのタンクに200トン作るわけにいきませんから、結局大きい需要のものをボンと作って、ラインブレンドでやるという形ですね。

荒井 プロパン脱離アスファルトつまり、PDAアスファルトを混ぜることもあるんですか。

白神 ありますね。油を混ぜるのはちょっと意味が違いますけど。PDAアスファルトを混ぜると一般的に固くなります。

飯島 そういうブレンドしたものの品質は、通常の工程で作ったものとだいぶ違いますか。

秋葉 本質的には変わらないと思います。要するにPDAアスファルトというのはそれだけ深いところまで絞りこんだわけですから。それにカットバックしていったら分けたものが元に戻っている理屈です。

本質的に悪いとかいいとかいう議論とは違うと思うんです。

飯島 つまり、通常の工程で作ったものと、たとえばプロパン脱離をベースにして混ぜて作ったものと、仮に出来上がったものが60/80だとしますね。それが先ほどの針入度とか、その他のいろんな性状が同じようなものであると理解していいのかということなんです。

秋葉 品質規格上の性状は同じです。性能上どうかという問題は、よく議論されていかなければならないと思います。

飯島 使う立場からいうと、だいぶ違うんじゃないかと思うんですが……。

鶴窪 1回分解したものが、また元通りにならないケースもあるんじゃないかという危惧を我々は持っているんですよ。

秋葉 イメージとしては分解ということではなく、物理的に分けたものを、もう1回、物理的に混ぜてるっていう感じですから、そこに化学的に操作は何も入ってないんです。

今言ったPDAアスファルトと、それから分けた相手のほうはDAO^{*}と言うんですけど、元に戻せば同じものができる。問題は、そうやって持ってきたPDAアスファルトと、それから他のプロセスを通ってきた針入度80/100のアスファルトを混ぜるということは、今までのストレートアスファルトとして存在していた組成とは違った形のものを混ぜていますから、今まで実在しなかった組成になってる可能性があるということですね。そういう意味で性状が多少変わるかも知れないということだけなんです。

※ DAO : Deasphalted oil 脱瀝油

小島 それは大いに変わるんじゃないかと思う。というのは、我々はいろんなポリマーをアスファルトに混ぜても、出来上がったものの性状が飛躍的に変わっていない場合があります。言い換えると、今の改質アスファルトというのは、ストレートアスファルトにいろんなポリマーを入れて、結果的に性状が変わったものが出てくるんですけど、それが同じような操作をしても、思うようなデータが出てこないことがあります。この意味からすると原アスファルトに何か差があるんじゃないかなと思うのですが？。

飯島 わだち、ひび割れ性状で、全く別の性状が出てくるということですか。

小島 ええ。ですから「似かよっているけど実は全然違うものを使っていた」というこういうケースは一番注意しないといけないと思うのです。そういう意味で、例えば本四公団で使用されるグースアスファルトは、ストレートの20/40とか、わざわざこだわってると思うんです。何でも混合物の品質を保証すればいいという問い掛けはいつもあるんですけど、結局、原材料を規定したり、混合物を規定したりして品質を確保しようとしているので、何かあるんじゃないかなという気がするのですが？。

鶴窪 混ぜ方もあるんじゃないのかな。

荒井 そういうのもストレートアスファルトと言うんですか。

秋葉 ストレートアスファルトとPDAアスファルト

を混ぜたものがストアスかどうかということですか。

荒井 ええ。

秋葉 それは言わないと思いますね。

荒井 出荷する時は？。

秋葉 出荷する時は、全部ストアスという形で出ていくはずですよ。

荒井 すると我々には区別つかないですね。

鶴窪 40/60というのは、今のように混ぜる方法と、それからストレートに作るケースもあるんですか。

秋葉 あります。

片脇 ブレンドはあまり望ましいことではない、できればまじりっ気なしのものがほしい。こういったニュアンスのお話もあるようですが、私はブレンドすることは非常にいいことじゃないかと考えています。

ただ問題は、何のためにブレンドするか、どういう方法でブレンドをするかということだろうと思います。ブレンドするのがいいか悪いかという発想ではなくて、良い方向に向かってブレンドする。そのためにはどういう考え方をすればいいのか、どういうデータを選べばいいのかということをもっと議論されてもよろしいのではないのでしょうか。

製造コストの面からいっても、材料入手の点からいっても、省資源の点から考えても、ブレンドは悪い方向ではない、アスファルト以外の材料、たとえばセメントにしても何にしても、ブレンドしているんですね。そして性能を良くしているんです。ですからアスファルトもあまり生一本にこだわらずに、いかにうまくブレンドするかという考え方に変わってもよろしいように思います。

そのためには、アスファルトメーカーももっと積極的に製造プロセスを公開して、こんな努力をしていますよとPRしたり、アスファルトにふさわしい原油を選ぶためブレンドしたらこんなに良くなりますよと主張なさっては……。

秋葉 混ぜ方として、たとえばアラビアンライトとアラビアンミディウムを混ぜた原油をトッパーからずっとかけていってアスファルトを作ると、60/80が取れるという混ぜ方があるんですね。原油の段階で混ぜる。先ほど私が申ししたのはできた製品の段階で混ぜるんですけど、いろいろあります。

鶴窪 メーカーさんではそういった原油を混ぜて作るとき品質が良くなるような試験をなにかやっているのですが。

秋葉 それはアスファルトだけに照準を合わせた目

的ということじゃなくて、全体の採算性がよくなるように、要するに石油精製として一番いい方向になるように、かつアスファルトならアスファルトの品質が維持できるように選んでいくわけですから、そうやっていくと、たとえばアラビアンライトとミーディウムを混ぜたものが一番いいとか、そういうふうに混ぜてもアスファルトも取れるし、他の製品もうまく取れる、そういう形で選んでいきます。

飯島 今、原油の段階あるいは半製品の段階と、いろんな段階で混ぜるというお話があったんですけど、供給の段階あるいは輸送の段階といいたいでしょうか、ディーラーがアスファルトを納入する時に混ざってしまうとか、別の工場ですでたものが混ざってしまうとか、こういうことはどうなんでしょうか。

白神 やはり油槽所の段階ではタンクがカラになってから次を入れるということもありますけれども、幾らか残ってるところへ次の荷物を入れるということはありませんから、輸送途中で全然混ざらないということはないですね。ただ、流通段階で積極的に混ぜるということはコストはかかるし、何ら製造メーカーにメリットはないんですね。ですからそこで混ぜることはないと思います。

鶴窪 全国の抜き取り試験を全国でやったのですが、針入度の外れるケースがありました。そういう中で北海道地区の80/100は、上限の高い値になっているものがあり、どういうふうに作っているのか原因がよくわからないんですが。

飯島 その時、工場から送り出す時と、受け入れた時のチェックはやってみたんですか。

鶴窪 受けた側のプラントに着いたところですね。エージングで多少下ると思われるので100/120とローリー同士で混ぜ合う可能性というのがあるんですかね。

白神 ああ、軟らかく外れるということですか。それはないでしょう。

飯島 北海道では100/120を使ってるんじゃないでしょうか。

小島 先ほどの秋葉さんのお話を聞くと、要するに材料開発という観点からすると、今の技術に引っ張られるんじゃないくて、お金をかけたり、開発のことを評価してもらえるようなコストがつけば、かなりのものができるように受け止められる訳ですが、それは目標として、どの程度やったらいいものが出てくるのでしょうか？。

秋葉 一つは、いいものは何かということが、我々

がはっきりわかってないところがあるんですね。我々がわかっているのは針入度など、要するにJISの規格ですね。それでJISの規格以上のパフォーマンスがどうかということについては、あまりわかってないのが事実ですから、結局JIS規格に合うように一生懸命作っているのが実体なんですね。その中でどういうのがいいのかということは、やはり実際の舗装の実績とアスファルトの性状を突き合わせながらやっていかないといけない部分があるという気がしているんですね。それがクリヤーになって、フィードバックがある程度できてくれば、製油所として応じられるところは応じる筈なんです。

応じられるという意味は何かというと、石油精製としての全体の利益というのがありますから、中間留分を作ることも必要だし、ガソリン作ることも必要です。と同時にアスファルトを作ることも必要ですから、全部加味していかなければならない。その中で先ほどお話したようにアスファルトは精々全体の3%ですから、かなりの対応はできる筈なんです。

逆に注文が細かく広がっていったら、製油所で扱う単位との間にギャップができると、今度はまた対応が難しくなる。そういう関係はありますけれど、その辺がはっきりしてくれば、かなりの対応ができるんじゃないかと思います。

片脇 そのためには、行政側にも考え方を変えるべき点があるように思います。

インセンシティブ、良いものを次々に開発したくなるような環境を整備することがまず大切なように思います。

たとえば、研究開発投資に十分な見返りがあるような条件付け、開発のための潤沢な資金と設備とが供与されることとか、たとえ研究に多額の研究開発費用がかかったとしても、ますます今後の公共事業の重要性が高まることを考えれば、発注者は元を取れると思います。

米国でアスファルトの消費量は日本の約2倍ですが、5年間でアスファルト研究だけに注ぎ込む費用はおおよそ4,250万ドル（55億円）だそうです。

日本で30億円程度をアスファルトを良くするために使ったとしても、舗装寿命が2割延びれば十分おつりがくるのではないのでしょうか。

飯島 話がちょっと戻りますが、工程の中で品質管理というか、性状の確認というのは、どの程度の頻度で行われるものなんでしょうかね。最終的にはJISの規

格をクリアするというお話がありましたが、先ほど1ロットが数日で、ということですが、1回だけしかやらないのか、毎日やるのか、午前・午後にやるのか、その頻度はどんなものなのでしょうか。

秋葉 品質管理の仕方は、いろんな形でやっております。たとえば製油所ですと品質管理の委員会というのがあります。この委員会はどのようなセクションが入っているかという、もちろん品質管理を行うセクションは入ってますが、製造のセクションも入っている。

製造のセクションは、工程のほうからの品質管理、たとえば温度を管理するとか、その他、運転条件を管理して、それによっていい品質のものを取る。

品質管理のセクションは、毎日出てきたサンプルを測定して、実際に所期の目的のストレート・アスファルトが取れているかどうかを管理する。これは1日に1度ないし、各番毎に1回。つまり製造のセクションは、3交代でやってますから、各直毎に、たとえば密度についてはやるとか、針入度については1日1回とか、そういうスケジュールを決めてやってます。

ロットができた段階ではロット性状を、各規格項目全部測定して、製品タンクが空になるまで、製品として出荷していく。そういう形でやってますね。ですから製油所から出ていく段階では、JISの規格に合わせたもののプラス、製油所独自というか、会社独自の規格項目を測定して出荷しています。

その先の、たとえば油槽所に行く過程においては、流通部門での品質管理の委員会があるわけで、流通部門としての品質管理—たとえば水の混入を防止するとか、そういう流通上の品質劣化に対する配慮をしているわけです。問題は先ほどちょっと出た経時変化ですね。その辺の管理の問題は別にございますね。

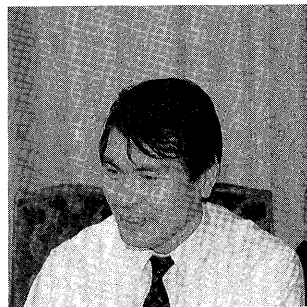
白神 貯蔵中のタンクの温度は160℃ぐらいにキープしているんですけども、ごく表面のうすいところはある程度劣化しますが、何しろ5,000トンとか1万トンとか入ってる中のほうは意外と変化は少ないようですね。

飯島 つまり空気に触れる部分ですね。

白神 ええ、触れる部分は、若干はありますけれど、それが全体に混ざってくれば、そんなに心配するほどではないということですね。

☆SHRPについて☆

飯島 最近アメリカではSHRPというのが非常に注目されているんですが、それについて片脇さん、ごか



片脇 清士氏

いつまでお話し下さいませんか。

片脇 既によく御存知のように、道路研究計画、むしろ「道路技術に関する米国の戦略」といった方が生々しいと思いますが、SHRPは5年間にわたって研究されて、93年3月をもって終わる、アスファルトでの道路関係としては非常に大きな規模の研究です。その中には5つの大きなプロジェクトがありますが、そのうちの1つがアスファルトです。

アスファルトが何故取り上げられたかという、舗装の傷みが非常に厳しいわけですが、それを材料面からどのように対応できるのだろうか、真剣に検討してみたい。

日本でも同様だと思いますが、アメリカにおいてはアスファルトそのものを研究する人があまりにも少ないのではないかと、そのためにやはり人を育て技術力を要請することが必要であろうということで、この研究が始まったと聞いております。

その成果ですが、端的に言えば、バインダーに関する仕様と、それから混合物に関する仕様と、この2つが来年になりますが提案されます。

アメリカも日本と同様針入度でアスファルトを規定したり、粘度でもって規定したりしているのですが、これらの規定の仕方が古くなり過ぎて、試験法自体現在の求められる性能に充分対応していないということがあった。この反省から今回、こういう新しいバインダーの仕様を造ることになったと聞いております。このバインダーの仕様につきましては、まだ未定稿の段階ですが、一部公表されております。

ポイントになる点を幾つか申し上げますと、まず、アスファルトの性能として最も重要としておりますのは、耐久性、パフォーマンスということです。

次に、実際の供用条件の温度でもって試験条件とする。これはご承知のようにアスファルトというのは非常に温度感受性の高い材料ですから、より厳しい条件

表-3 アスファルト研究計画サブテーマの内容

(1) アスファルトの性状

- 1-1 アスファルトの化学的な組成
- 1-2 アスファルトの物理性状
- 1-3 化学的組成と物理性状の関係
- 1-4 化学的、物理的性状と舗装の供用性関係
- 1-5 粘性や吸収性を含めたアスファルト骨材間の相互作用の基本的性状
- 1-6 現在のアスファルト精製工程の調査
- 1-7 アスファルトの改良、改質

(2) 供用性に基づく測定システム

- 2-1 アスファルトの測定システム
(改質アスファルトを含む)
- 2-2 アスファルト骨材系の試験測定システム
 - a) アスファルト骨材系の疲労ひびわれ
 - b) アスファルト骨材系の永久変形
 - c) アスファルト骨材系の低温ひびわれ
 - d) アスファルト骨材系の老化
 - e) アスファルト骨材系に対する水の影響
- 2-3 アスファルトの化学的、物理的性状とアスファルト骨材、混合物性状の相関

(3) 舗装供用性の検討

- 3-1 モデルの開発
- 3-2 アスファルト供用性の調査
- 3-3 予測モデルの評価方法

(4) 舗装供用性に基づくアスファルトとアスファルト骨材系の仕様、規格の作成

- 4-1 舗装供用性に基づくアスファルトの仕様、規格
- 4-2 舗装供用性に基づくアスファルト骨材系の仕様、規格

(5) 研究調整

- 5-1 研究プロジェクトの調整
- 5-2 材料に関する参考図書館の運営
- 5-3 実験計画
- 5-4 経済評価
- 5-5 適用のための方策

下ではタフなアスファルトを、ゆるやかな条件下では比較的標準的なアスファルトをという考え方でもって使い方を決めた方が良いのではないかとことです。

バインダーそのものの性能、一旦加熱したあとの性能、これはアスファルトプラントでの高熱混合を想定しておりますが、そこでの劣化、それから長い期間にわたる、これは道路舗装となった後での性状と考えて、この3段階でもってバインダーの性能を測定して基準に合うか合わないかを予め評価する手順と聞いております。

仕様につきましては、かなりまだプリミティブな段階ですが、バインダーの仕様とほぼ同じ考え方でありまして、実際に使う温度条件下での試験です。

バインダーと違いますのは、トラフィックレベル、交通レベルということを提示して、幾つかの段階に分けて評価するというようなことが含まれているようです。

飯島 今のお話は非常に興味深いですね。最初に議論したような化学的な成分まで注目した試験項目もそこには入っているのでしょうか。

片脇 平成4年10月にSHRPのアスファルトの担当者にお会いしまして、アスファルトというのは非常に化学成分が重要なのに、最終的な仕様には取り入れられないのはどうしてでしょうかと質問しました。1つには実際にその試験をする方々が州の道路エンジニアなので、化学的な試験項目にはなじみにくいのではないかとということと、もう1つは、やはり求められている性能が物理的な性状を求めている。だから直接的な物理的な試験項目のほうがわかりやすいだろうと。それに化学分析装置が物理的な試験装置に較べてかなり高価なのです。このような説明がありました。

仕様を決める前に、様々な研究が行われているんですが、その中では化学的組成に注目した研究も大変重要視されています。

たとえばその1つは、実際にアメリカで使っているアスファルトの組成はどんなふうであるか。2つ目は、アスファルトにいろんな材料を混ぜたら、要するに改質したらどのようになるか。3つ目は、その組成自体が物理的な物性にどのように利くのか、そのメカニズムですね。このような経緯を見ますと、仕様の背景には化学的な組成の概念というものがしっかり入っているように思います。

なお、申し上げますと、全部で14の段階に分かれた仕様ですが、これはストレート・アスファルトだけで対応できるものではなくて、やはり改質アスファルト、あるいは化学的に組成を変えたアスファルトでなければ性能的に対応しないだろうという説明を受けました。

飯島 今のお話に関連して、研究面から何かご質問がありましたら……。

栗谷川 今のお話の中で混合物というのは、トラフィック・レベルで規定するかということが出ておりましたが、その辺、具体的にはどのようなことをやられているのか、ちょっとお聞きしたいのですが。

片脇 トラフィック・レベルにつきましては、今のところロー、ミディアム、ハイという3段階を考えているようなんですが、くわしいことについては、まだ公表されていません。

飯島 このSHRPの動きについては、わが国としても注目していかなければいけませんね。

荒井 この規格を見ただけでは、どうも性状的にピンとこないんですが、こういうアスファルトが将来日本で対応できるようになるのでしょうか。メーカーさん、これを見ていかがですか。(Q&A参照)

秋葉 逆に私、質問したいんですが、たとえば我々の出しているストレート・アスファルトの60/80とか、80/100というのは、このPG 1~4の規格にあてはめて、入っているものなんでしょうか。恐らく、アメリカでも既存のアスファルトを研究して、そういう規格を作っているんだから、入る筈だと思っはいるんです。そうは思っているんですけど、じゃあ実際にどうなのか。それによって作り方は少し変わってくるんじゃないかなとも思っているんです。

片脇 わが国ではこれからそれに対応する研究が始まるという段階で、実際に流通しているアスファルトが、アスファルト仕様のどこに位置付けられるかということは真先に関心の持たれることであろうと思います。

アメリカの測定例では、大体中央部分においてアメリカのアスファルトは入っているだろう。ただ一番厳しい条件のPG 4というところについては対応するものがまだないというような報告があるようです。まだ公表されてはいませんが。

秋葉 先ほどおっしゃった一部組成を変えなければいけないとか、改質アスファルトにしなければいけないというのは、そのPG 4のグレードのことを言っておられるのですか。

片脇 実際に使う、一番気温の高い時と、それから低い時の温度の傾きでもって評価するので、非常に厳しい勾配のところ、要するに非常に寒い時と、非常に熱い時と、両方あるような場所でのアスファルトというものがPG 4のグレードですね。

鶴窪 針入度だけでなく、全く新しい項目が追加されているんですか。

片脇 針入度は全く用いていません。全く新しい試験項目と方法ですね。そのために現在あります、私どもがやっております試験装置はそのまま使えないということで、この試験を始めるためには、まず、試験設備そのものの購入からしないといけなと考えています。

飯島 今のお話の試験法というは、一口に言うとういうものなんですか。

片脇 一つには粘弾性を計るためのレオロジー試験で、これはダイナミックレオメーターと、それから低温での挙動を計るベンディングビームレオメーター、それから伸びを計るダイレクトテンション(引っ張り試験)この三つが必要です。アスファルトを劣化させるやり方なんですが、回転薄膜試験と、もう一つPAV、圧力を加えて酸化を急速に進ませようという新しい試験方法を組み合わせるようになっております。

飯島 今のお話の試験方法は、レベルのPG 4に対応した試験ということですか、それとも一般論として、すべてのアスファルトに適用されるということなんですか。

片脇 すべての舗装用アスファルトに適用されると聞きました。

飯島 先ほどのお話だと、厳しいところでは今までの規格ではフォローしきれなかったところがあるということでしたが、それに対応した試験法という理解ではないんですね。

二つポイントがあって、厳しい条件で使うアスファルトについての規格、あるいは評価方法がなかったというお話と、それから先ほど紹介のあった幾つかの試験は、分類分けするための共通の試験ということだと、論点が二つあるんじゃないでしょうか。

片脇 全く新しい耐久性の試験方法、要するに長い期間のものを短期間で評価する方法と、それからそういう新しい材料を開発するための物差し作りという二つの面があります。

小島 新しく取り入れられる試験器の結果が、すべて工学的な単位で出て来る評価のように感じるのですが、たとえば針入度とか、腰のあるとか、今まではそういう経験的な尺度がかなり優先していたと思いますけど、そういう工学的な単位というのは、本来の舗装と何か結びつけたストーリーで出てくるんですかね。

片脇 今お話ししたのはバインダー試験だけに限って申し上げたので全体のイメージがおわかりにくいと思います。全体ではアスファルト試験は三つに分かれております。

その一つはアスファルト・バインダーに関する試験。二つ目は混合物に対する試験。三つ目は実際の舗装とどのように相関するかという検証試験で、最後のところはSPS9という名前で、これから大規模に試験をしまして、およそ5年間で結果が出ると聞いております。

飯島 SPS9というのは、これからの話ですか？

片脇 ええ。既に4カ所は試験舗装がなされていま

すが、SHRP仕様の温度、気温の範囲が非常に広いものですから、各州に依頼されて、各州で試験をするとのこと。

栗谷川 簡単にお聞きしたいのですが、先ほどのお話だと、アスファルトをレオロジー的に解析し、混合物も工学的に解析するようですね。それで舗装の設計方法としては、どんな方法が考えられているのでしょうか。

例えばレオロジー試験や工学的試験の値が出てくると、ある程度経験的な要素は抜きにして、理論的に設計する方法に進んでいるのでしょうか、それともまだある程度過渡期にあるという考え方でよろしいのでしょうか。

片脇 混合物の試験方法も全く工学的ですね。これらの値を前提として、舗装を理論的にコンピュータで解くソフトウェアを既に作成されているようです。

こういう提案がありますと、すぐに導入されると考えがちなのですが、実はそうではなくて、ここには充分な検証段階が準備されていると思います。というのはバインダー試験にしても、工学試験にしても、かなり工学的な詰め方をしているわけですね。しかし、これまでの多年にわたる沢山の経験については、こちらはまだないわけです。だから、これまでの経験的なものと、それから今回の積み上げた工学的なものとの対比を充分に行いたいと話しておられました。

栗谷川 全然計る尺度が違うと思います。それを積み上げて行って、実績を取っていかうという考え方なんです。

片脇 だから、日本でもこのような積み上げが不可欠だと考えています。

土木研究所でも平成5年からバインダー、混合物など順次研究に着手する計画です。

荒井 SPS9に使われるアスファルトというのは、このグレードのものが既にできるという段階に来ていると見てよろしいでしょうか。

片脇 ええ。グレードを分けて選んだアスファルトですね。それから混合物の新しい設計方法に基づいて試験をしたということがポイントでしょうね。

鶴窪 そうするとマーシャルとかだけじゃなくて？。

片脇 マーシャルは使ってないと思います。

秋葉 当然のことでしょうけど、これはアメリカの気候に合わせた規格なんでしょうね。これをもし日本で適用しようとしたら、アメリカと日本では気候が全然違ってくるだろうと思うんですが、その辺はどんな

イメージで我々は見えていたらよろしいんでしょうか。

片脇 緯度の点からみれば、日本の沖縄がアメリカのフロリダとほぼ同じ。それから北のほうですと五大湖の南ぐらいまでが北海道。日本の条件はほぼ入る。ただ違いますのは湿度がかなり違う。雨の降る条件が違いますね。

秋葉 そうですね、日本のほうが厳しい。

飯島 水に対する影響というのは日本のほうが遙かに厳しいでしょうね。例えば、雪・湿度、それから雨量そのものも非常に多いですからね。アメリカの倍ぐらいでしょうか。

白神 SHRPの場合、4種類ぐらいのバインダーがあるということですから、全体ではそれぐらい必要なんでしょうが、ある製油所の近辺ということで考えた場合、そこでは何種類ぐらいのバインダーが必要になるんでしょうかね。

片脇 先ほど流通の話がありましたが、SHRPの仕様では、温度条件で使うアスファルトを決めております。ですから最大温度と最低温度がわかれば、その地域については1種類ということになりますね。

飯島 この辺で先に進ませていただきますが、ここで一つだけ確認しておきたいのは、今、輸入はどうなっているんでしょうか。入っていないと理解していいでしょうね。

白神 沖縄では、過去に台湾や韓国などから輸入された実績もあるようですが、現在はありません。

それから、天然アスファルトは日本で取れませんからこれも主にトリニダードトバコからですが輸入されております。

飯島 あ、それはありますね。

鶴窪 話はもどりますが、針入度・軟化点以外に、60℃という粘度を入れたらどうかということで、各国でやられているところもかなりあるんですけど、針入度・軟化点だけでは指標にならないということになったら、その辺はどうなんでしょうか、メーカー側としては。

秋葉 基本的にはいい方向に行く問題は応じることになると思います。ただ、先ほど申しましたようにいろんな原油を集めて、そこから取っていく。たとえば仮にカフジから取れないということになりますと、これは事が大きいですから、やはりいろんな議論が必要だろうとは思いますが。ただ、基本的にはいい方向に行くことであれば、進んで行くんだと思いますよ。

それともう一つ、私が気になっていることは、特に

最近アスファルトの品質がバラツクようになったという一般的な議論がありますね。この中にはアスファルトの規格の範囲の中で、たとえばAという会社のAという製油所から出ていったものと、B会社のBという製油所から出ていったもの——当然これは作る原油が違いますから、規格には合わせてますけど、内容はたとえばアスファルテンの量とか、レジンの量とか、そういう化学的な組成まで言えば違うだろうと思います——そういうものがアスファルトプラントにある時期A社から入り、そして次に今度はB社から入る。要するに舗装する側の方は同じアスファルトで、同じ規格のものが入っているから、同じ条件で敷けばいいんだというお考えでやっても、ちょっとした組成の違いで作業条件というのは微妙に違ってくる。それが、逆に品質として悪いんじゃないかということになっているのではないかという気がちょっとするんですけど、そういうことはありませんか。

白神 それはあるんじゃないですかね。同じストアでも、違う会社のやつは使い勝手が違うということはあるんじゃないですか。

荒井 会社が違えば確かに違うと思いますが、同じプラントでは通常一つのアスファルトを使っているので問題はありません。ただ、何かの事情でロットの違うものや別の会社のものを入れることもありますので、そういう時に問題が起きるかも知れませぬ。

小島 アスファルトが変わっても品質的に対応して行かなければいけないというのはわかるのですが、極端に違うというか、そんなに違いがあってはいけないのではないかなと思うのです。

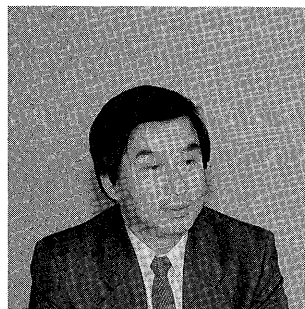
飯島 その違いの程度が正直言って必ずしもはっきりしないですね。

白神 全く同じものというのは不可能ですからね。

秋葉 そのバラツキが困るものであり、何らかの規格で抑えてあれば、(たとえば60℃粘度)作業上、問題がないということなら、そういう規格を決めて解決がつくのではないかなという気がするんですね。ただ、あまり規格を厳密にすると、製油所で他の作業との関連で作りにくいという声が出てきますから、その辺はやはり両方の議論を聞かせて、いいところを選んでいくということになるのではないのでしょうか。

飯島 一つの手掛かりは60℃粘度と、粘度比ということでしょうか。

鶴窪 憶測で言うのも何ですが、どうもバラツキがあるとかいうのは、何か針入度だけでは推定できない



小島 逸平氏

ような気もするんですけどね。

小島 60℃粘度を規格に入れるということですけど、要するに経験的な尺度と、工学的な尺度ということで、針入度と軟化点の範囲に囲まれた中で扱っていくのはどうかと思うのです。だから60℃粘度だけを単独に入れるというのではなく、ある程度両方の性状に係わりのある領域のものを使っていかなければいけない。そういう意味を含めて60℃粘度を入れていく。このような見方が必要じゃないかと思いますが。

飯島 つまり一つの尺度ではなくて、2つの尺度、あるいは3つの尺度とか、それぞれ相関のある幾つかの尺度で見ていく必要があるわけですね。

小島 SHRPなんかはどんどん新しい評価手法が出てくるのではないかと思います。

☆骨 材☆

飯島 むやみに数を増やすというのは、ものの見方としては煩雑になるだけで、あまり意味のないことかも知れませぬからね。一番ポイントになるところに軸を定めて、それを関連ある幾つかの尺度でものを見る、品質を確認していくということなんだろうと思いますけどね。その一つの可能性が60℃粘度であり、あるいはSHRPの結論であろうかと思っています。

では次に骨材のほうに話を移していきたいと思いません。最近の碎石・砂は環境問題もあって非常に制約条件が増えてきているわけですが、これについて生産量あるいは潜在的な生産能力等についてお願いしたいと思います。

鶴窪 環境問題等で品質が悪くなってきたと言われてまして、元々骨材が悪いという地区もあるんですね。それと生産量が枯渇したということもあると思います。そういう中で建設においては比較的表層材を吟味して使うようなことをやっているんですけど、管理部門の補修工事ですとどうしてもそこにあるものしか使

えないということもありますので、厳しい中でその辺をどういうふうに使っていくかということを我々はやっているわけです。

土木学会のほうでは調査していますが、今後日米構造協議で言われております平成3年から10年間公共投資を430兆円という中で、舗装として骨材についてももう少し将来を含め調査していかないといけないと思います。それともう一つは、骨材の品質について我々があまり要求してない面もあるんじゃないかと思えます。そこにあるものしか使えないと。遠くにある高品質の値段が高いものを使おうとしても、単価が合わないので安いものしか入ってこないということもあるので、舗装の耐久性の高い骨材があれば、それに見合う単価を設定し、広い範囲で選んで使う使い方というのが必要じゃないでしょうか。

飯島 資料によりますと、碎石が大体5億トン。それから砂利が4億トンと考えてよろしいでしょうかね。

この中でアスファルト混合物は今、8,000万トン、そうすると全体の10%ぐらいがアスファルト混合物に使われている。そういう中で品質関係がどうなっているか、あるいは生産と品質の関係について少し考えてみたいと思います。(Q&A参照)

最近、骨材の品質が悪くなっているというようなお話は聞きませんか。

鶴窪 そういう話は聞くんですよ。品質が悪いというわりにデータの悪いと出ていません。それで最近の全国の建設・管理のデータでは地区によって悪いところがありますが、粗骨材を平均値で見ますと吸水量

が1%、すりへり減量は15%、細長・偏平量(厚さ幅比3倍)については5%とそう悪くない結果が出ています。

飯島 地域的に差があるということですか。

鶴窪 ええ、地域的には規定ぎりぎりの吸水量3%細長・偏平量24%、すりへり減量は24%など骨材の事情が悪いというところはあるのですが、全体的に見て下限値で品質規定に入っています。これは試料の取り方にもよると思います。実際、搬入された骨材には泥分が付着したり、舗設された混合物を見ても死石や偏平で割れたものがあり、ギャップがやはりあるようです。

抜取試験が全てではありませんが、プラントに搬入された骨材が悪そうだったら、切羽を見に行くとか指導・要求によってはもっといい碎石を出せるプラントもあると思います。石・玉も磨けば光ると言いますから我々は、碎石やさんにこういうものを作って欲しいと言っていないんじゃないですか。

秋葉 骨材の品質というのは形状のことを言っているのですか？

飯島 これもJISにありますから、後ほどご紹介したいと思いますが、一定の品質でないと使えないことになってるわけなんです。一般論として、どうもあちこちで品質が悪いという話を聞きますので、その原因が、どこにあるのかですね。

私は特に砂が問題であると思っていますが。

栗谷川 これは学校で材料試験をする場合のことなんですが、実際に舗装要綱の粒度できちっとやろうと

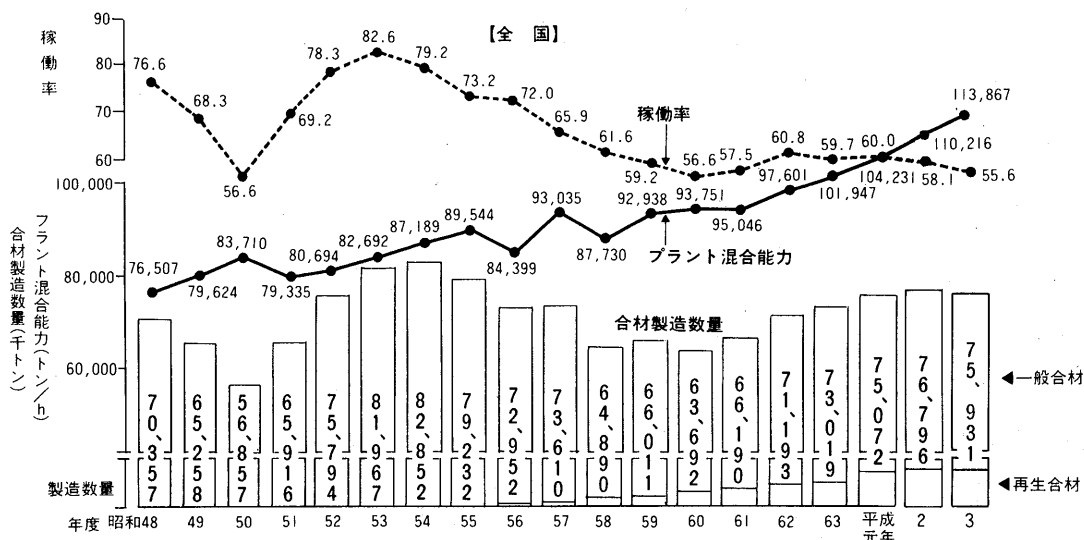


図-1 アスファルト合材製造数量推移
(出所：(株)日本アスファルト合材協会)

するならば、砂をふるい目で一つ一つ切ってそれで使う。私のところは千葉県なのですが、地元の砂だけを使ってやる時はちょっと大変ですね。

ただ、砕砂とか、そういうものをある程度使っていくといいんですが、やはり完全な砂だけでやりたい時には、今は、ふるいを3杯ぐらい壊すぐらい振るわないと出ないですね。実際に2トン振るっても、出てくるのは約80キロ程度の4%位しか出てこないですからね。粒径の0.3~0.6のものは。

飯島 材料が逼迫しているということですか。

栗谷川 そうですね。

荒井 品質がいいとか悪いとか言う以前に、川砂がもうほとんど入ってこないというのが第一の原因ですね。それを補うために山砂やスクリーニングスというものを併せて使うようになってきています。

飯島 そうすると骨材と一口に言うけど、やはり砂ですか、一番の問題は。

小島 先ほどの碎石がどうかというお話ですが、最近、舗装でもすべりを考慮したいとか、いろいろと性能をより良くしたいという使い方があって、そのような用途向けの石というのは、今までの一般的な石ではなかなか対応することが難しい。

たとえば碎石屋さんが使っている網と、こちらがプラントで使う網とが違うために、ねらった粒度の混合物が得られない場合があり、もう一度ふるい直しを行って使う場合が出たりしているので、やはり品質が変わっているんじゃないかなという気がします。

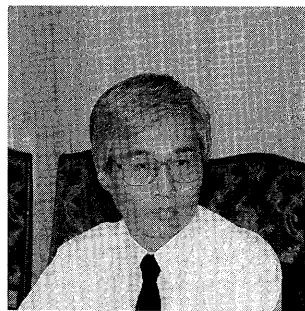
飯島 それは出てくるものは同じけども、使う側が多品質・多目的、しかも高品質な舗装のいろんな需要が出てきている。それに対応したものがなかなか合わないとか、得られにくくなっているということですか。

小島 そうですね。

飯島 私が申し上げたのは、砂そのものがなくなっているという意味で申し上げた訳です。

小島 碎石にしても環境破壊という問題があって、いいものが欲しいが、その場所から取れないということがある。ですから無理しても同じ碎石場から取るようなケースが増えていると思うのです。したがって、鉱脈が悪いところに当たっても、無理して取るようにならざるを得ない場合もあり、やはり品質は……。

飯島 一方ではそういう高品質・多機能のものに使えるような石を、どう選定していくかという問題と、それから一般論として、やはりそういう低品質のもの



栗谷川裕造氏

でも、うまく使いこなしていくという技術が、これからもっともっと求められるということでしょうかね。

栗谷川 よく聞かれるんですけども、例えばすり減り抵抗を良くするため、20%未満のものを使用していたが、たまたま試験をしてみたら25%位の値が出たとしますね。それが実際に合材の中で使われた時に、どういう判断をしたら良いかと、聞かれたことがありますが、その辺の何か新しい試験方法はないのでしょうか。

飯島 要するに単品の規格はありますが、混合した時に、たとえばそれが3分の1ぐらいであればいいんじゃないかという話ですね。

栗谷川 はい。いろいろ要綱を読みますと、いろいろ試験を行って、基準をクリアすれば、ある程度使える。表層材としてはちょっと無理でも、下の部分では使えるというような解釈をとれるんですけども、その辺、何かはっきりしたものがあれば、もっと使いやすいんですが。

飯島 アスファルト混合物による表層ですね。

栗谷川 はい。

飯島 表層混合物では20ですか？

鶴窪 30%以下ですね。

飯島 特にすり減り、摩耗を考慮しなければいけない時にはたとえば20%のものを特記仕様で入れるというやり方ですから、それはまた工夫があるんじゃないでしょうかね。それと、おっしゃるように混ぜた時にどう評価するかということですね。

栗谷川 ですから実際には、今も言われたように10%混ぜるとか、30%混ぜるとか、それでやってみたことはあるんですけども、その時も2~3%位から10%位規格外のものでしたが、混合した骨材の試験結果は全然問題がありませんでした。

飯島 石灰岩もすり減り量が大きいわけですが、うまく混ぜて表層用を使うということが、これからいろ

いろ出てくるんじゃないか。技術開発が望まれていると思いますね。

鶴窪 アスファルトとの親和性のいい石灰岩は、高速道路ではすべり抵抗が確保されないため使われませんが、石灰石しかない沖縄道で島外から輸送した砂岩と石灰岩の硬軟骨材を混ぜて使った試験施工から10年になりますが、石灰岩がすりへり路面の凹凸のいわゆる表面テクスチャアが改善され砂岩単体のものよりすべり抵抗は高くこの値を維持しております。

スクリーニングスも勿論石灰岩質ですから、もしかしたら石粉を加えなくてもいいアスモル分が出来ることも考えられます。それは使い方の工夫だと思います。

飯島 これからは複合的に、そしてうまく使いこなしていくことかと思えます。

では、次にスクリーニングスについて議論を進めたいと思います。まず目的と効果についてお願いします。

荒井 スクリーニングスを使うと、普通の天然砂に比べて噛み合わせが出て来るため安定性がよくなります。碎石を割った屑ですから、角張ってるんです。

安定性が上がるという意味ではいいんですが、やはり限度がありましてね。量のある程度抑えないと、0.075mm通過量が多いためその影響が出てきて、却って安定性が悪くなってきます。そういう意味ではちょっと使いにくい材料ですね。

飯島 品質あるいは規格はどういうことになっているんですか。

荒井 スクリーニングスの規格はJISにあり、要綱にも記載されていますが、スクリーニングスは、碎石の割っ放し、1次副産物という状態ですので、粒度的には200番通過量にバラツキがあります。しかし、碎石の製造では200番通過量は、管理しきれないんですね。

最近、200番以下を風で飛ばして少なくするとか、水洗いをして少なくするとか、そういうことも行われていて、200番通過量の少ない碎砂が出てきています。

飯島 スクリーニングスの使い方がかなり難しいというお話ですが、何か使い方のポイントになるようなことはありませんか。

荒井 言われていることは天然砂より多く使ってはまずいと言われてますね。

かつて道路公団の関さんらが研究された文献を見たことがあるのですが、スクリーニングスを天然砂に対して1対1以下にしないといけない。それを越えてくると安定性が悪くなるということがあるようですね。



荒井 孝雄氏

飯島 逆に沢山使って安定性がよくなるということもあるんですか。

荒井 それは施工性のほうに問題が起きます。

飯島 いずれにしても、スクリーニングスをこれからうまく使いこなしていくことが求められているということでしょうね。

荒井 そうですね。

飯島 そのほか骨材として、フィラーが非常に重要な働きをするわけですが、フィラーの目的、効果について何か……。

小島 最近フィラーもいろんな種類が出てきているようです。石灰岩質のものだけでなく、ほかの物も使っていく方向性をだして、その試験方法も提案されていると思います。

鶴窪 新要綱にもPI、フロー試験の値を満足すれば全フィラー量の半分くらいは使っていいとの記述がありますので、その辺、資源の有効利用という点から、そうした使い方を我々の研究所でもやってまして、半分程度なら安定度も変わらない。そういった試験をやっています。碎石として発生量を少なくする工夫も必要ですね。

飯島 回収グストの利用技術が求められているということでしょうね。

小島 今度の新しい要綱では、副産物系統のものというのは、まず幾つかのチェック段階で提案されると思うのですが、まず安全かどうかということと、最終的には施工性に問題がないかどうかということをチェックして、いろんなものを使うという方向が出てますね。

秋葉 骨材のはく離に関連して、どういう骨材に、どういうバインダーがよいのかバインダー側から、骨材をどう見ていけばよろしいんでしょうか？

飯島 一口に言うとバインダーと骨材とのヌレがいい、付着性がいい、馴染みがいいとか、そういうこと

なんでしょね。

秋葉 バインダー側から、例えば改質アスファルトを考える場合、相手の骨材として何を見ておけばいいのか、そういうことがよくわからない。

鶴窪 粗骨材が主であり、あとは剥離がいくらあるということと骨材の種類にもよりますので、剥離試験を行ってからフィラーの一部を消石灰で置換えたり、剥離防止剤を入れます。

秋葉 バインダーで、そういう対策を打っておくことは無理だということでしょうか。

飯島 そんなことはないと思いますね。やはりこれからの開発の方向であると思いますけれどね。私も石にくわしくはありませんが、要綱には塩基性・酸性あるいは、堆積岩、火山岩等の分類をしていると思いますが、やはりシリカ質がポイントになるんだろうと思います。

シリカ分の多い・少ないが、馴染みにかなり影響があるように思いますね。その他、形状寸法、角張り具合の議論と、二つあると思うんです。

質のほうの議論でいえば、石をもう少し鉱物学的にみて、つまりシリカ分等が多いか少ないかといったことを軸にして、もう少し細かく見ていく必要があるし、それから表面の性状によって、剥離性、付着性というものが左右されるわけですから、両面からもっと界面物理的に細かく見ていく必要があるだろうと思っています。

ただ残念ながらあまりくわしい研究はなされていないようですね。

白神 最近のアスファルトは石によくくっつかないとか、何か対策をしなければいけないとかいうケースはあるんですか。

鶴窪 ありますよ、地区によっては。

白神 それはアスファルトが原因ですか、石が原因ですか。

鶴窪 石が原因というのもあります。骨材の吸収量が高かったり、輝緑凝灰岩や片麻岩など岩質によっては剥離を起こし易いものがあります。

白神 接着というのは？。

荒井 石とアスファルトというのは一応はくっつくと思うんです、どんな石でも。

しかし、そこに水が介在してきた時に問題が起きてくる訳です。

アスファルトと石と水の3者間の界面の熱力学的関係で、剥離が起きると言われていて、なかなか複雑な

問題です。

片脇 骨材というとアスファルトもそうですが、大量にコンクリートにも使っておりますね、コンクリートのほうでは最近骨材の規格が変更されたんです。同様にアスファルトについてもポーラスアスファルトのように高機能なものにふさわしい規格を取り入れるとか…、もう少し規格を変更する…。

秋葉 アスファルトと馴染みがよくなるように？。

片脇 それが一つと、もう一つは日本は非常に岩質が複雑で、しかし、それだけに地質学的には詳しい研究が進んでいます。例えば岩質マップとか、そういうものが既にありますね。ですからこれからはそういう面的な広がりを知った上で、それから地域でどういうものが取れるのか、この骨材にあったアスファルトの種類をどう選ぶとか耐久性機能を考える上でも骨材の基本的な性状を知ることが重要ですね。

骨材とアスファルトがどういう関係にあるのかという研究を行なう時期だろうと思います。私達も少しずつ準備をしております。

飯島 今、コンクリートに使う骨材の規格が変わったというお話でしたが、ポイントはどんなところですか。

片脇 コンクリート自体を劣化させないように、コンクリートの化学的作用を防ぐための骨材ですね。アルカリ害の予想される場合には、石を鉱物的に事前に評価して、反応を起こしにくい石を選ぶ。塩害には塩化物を含まないとか…ですね。

☆アスファルトの改質材☆

飯島 アスファルトも将来の研究の方向は、剥離しにくい、馴染みやすい石とアスファルトの関係についての研究ということでしょうか。特に界面にもっと着目すべきであろうと思います。

では次に、材料の中で最近、改質材というものが使われておりますが、改質材の種類と目的について、どなたかご紹介いただけますか。プラントミックスとプレミックスと大きく二つあるだろうと思いますが、その辺について議論を進めてみましょうか。

白神 私はアスファルト舗装については素人なんですけど、プラントミックスではゴムみたいなものは、なかなかアスファルトとは短時間にうまく混ざりにくいんじゃないかと思うんですけども、その辺は実際に使う立場からは、どういうふうに？。

秋葉 プラントミックス・プレミックスについては

いわゆる作業の省力化という意味で、なるべくプレミックスにしたいというような方向があるのですか？

プラントミックスとプレミックスの得失というのはどういふところがあるんでしょうか。

荒井 以前はプラントミックスというのは、少量でも改質材を混入するだけで改質アスファルトができるということで、非常に便利がられた時期がありました。投入装置があれば別ですが、改質材の投入は人間的な作業を伴うので、最近は嫌われてきています。そういう事情で、メーカー側で、ローリーでもって改質アスファルトを直接ミキサーのほうに供給するようになってきています。

プラントミックスも非常にいいところもあるのですが、製造の面から、どちらかと言えばプレミックスの方が使いやすくなってきているようです。

小島 プレミックスでないと改質アスファルトとは言わないということを指定されるところがあります。私はやはり混合物の評価が基本なので、どうしてプレミックスに固執されるんですかとたずねると、プラントミックスというのは使用するアスファルトにポリマーを入れて、一旦プレミックスのアスファルトにして、品質を出してそれを確認して使うという。その試験の一連の流れが煩雑なのでプレミックスにしているという事を聞いた事があります。ただそれだけのことで、プラントミックスの持っている良さ、そういうことを排除するのは一方的だなと感じます。

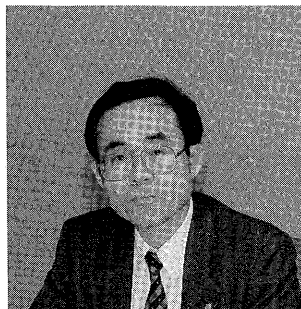
飯島 ユーザーから言えば、プレミックスのほうが品質管理しやすいと思うんですが。

プラントでは、うまく混ざっているかどうか、本当に入っているのかいないのか、確認がなかなか難しい点があります。それぞれ事情があるようですけど。

小島 ですから混合物を作る時の製造管理というか、工程をきっちりと管理しているようなやり方を当然しないとイケないし、それから今おっしゃった量の管理をちゃんとやっていないんじゃないかということについては、何か計量データを出せるとか、あるいはそういう仕組みでプラントミックスが出るような方向が出てきつつあるとは思いますが。

鶴窪 昨年26種類の改質材の試験をやったんですけど、プラントミックス、プレミックスにより動的安定度の高い低い傾向にもならなくて、単価的に高いものが耐流動効果が高いとは言え切れませんでした。

非常に製品のバラツキがあったので、本当に何を改質して、何が入っているとか、カタログもあるんです



鶴窪 廣洋氏

けど、そう言う危惧があるので、今後これらの点について試験を行っていくことが重要であると思います。もう一つは、改質材を使用すると施工温度10~20℃高くしないと施工しにくいということもある中で、やはり施工しやすい材料の開発も今後必要だと思いますね。

秋葉 今後、改質アスファルトはどのぐらい伸びていくでしょうか。

飯島 改質アスファルト協会さんのデータがありますが、この資料で見るとやはり関東・東北・北海道・中部あたりでかなり使われてますね。

全体としてはプレミックスが伸びてきている。約6割がプレミックスで、4割がプラントミックスということでしょうか。全体の数量はアスファルト換算で15万ということでしょうかね。全体としてはジワジワ増えているということじゃないでしょうか。これまで工夫しながら使ってきているということだろうと思いますが、こういう傾向はさらにこれから続くと思いますね。

ただ、その中で、製造所の品質の確認であるとか管理、こういったものをどう考えていくかということですね。幸いアスファルト協会が改質アスファルトのマニュアルができておりますので、これを使っている、さらに精度を高めていくことも必要だと思いますね。

鶴窪 これはあるメーカーの改質プラントを見せてもらったのですが、プレミックスを作る時、アスファルトとの相性というんですか、その改質効果がある、なしということの中で、アスファルトのアスファルテン、レジンなど各成分が短時間で分かる精密機械を購入して分析や研究をしてアスファルトを吟味しているようですし、改質後アスファルトと添加剤の混ざり具合も電子顕微鏡で調べているようです。逆に今度は改質のほうから添加剤を工夫するとか、何でも混ぜればいいのかというものじゃないと思うんですがね。

飯島 一つ例をご紹介しますが、昔、といっても10年ぐらい前になりますが、土研で改質アスファルト協会さんと共同研究をやったんです。その中でいろんな材料、いろんな添加剤とか改質材、それとアスファルトを組み合わせでやってみたところが、おっしゃるようにアスファルトによっては改質材が同じでも効果のあるものと、ないものがありました。

つまり、アスファルトとの相乗効果によってうまく効果の出るものと出ないものがあるということがわかったわけです。

栗谷川 今、改質6種類の試験をしているのですが、母材のストレートアスファルトが指定されていて、たまたま私が使っているメーカーの違うものがあったんです。それで試験しましたら、混合性が悪くて、締固めの温度が全然変わってしまいました。密度が出ないんです。改質で一番苦労したのは、指定された温度で実際にやっても、それぞれのバインダーで密度に差が出てしまうんです。だから最適混合温度、締固め温度というのは、それぞれ違うような気がしますね。ですから、使用説明書等を見ると10℃位高くしなさいとあるんですが、それではちょっと違うみたいです。

小島 180℃の粘度が高いアスファルトのほうが改質効果がいいというようなことではないですか。

飯島 ベースになるアスファルトによっては、同じSBRなり、CRをいれても、改質効果があるものと、ないものがあり、その原因をさぐっていくと、アスファルトの化学的組成—ナフテン系のもの、パラフィン系のもの、いろいろとありまして、その割合によって改質効果が違うなという気がするんです。ですから入れるべきアスファルトとの馴染みを確認することが必要だと思うんです。先ほど話が出たようにプラントミックスの時にはプラントで混ぜたものを確認してから使うというのはもっともな話だと思います。

白神 それはもっともですね。改質剤というのはSBRにしる何にしる、ポリマーでケミカルの類ですよ。ケミカルというのはそれなりの純度というか、性質は一定しているわけですけども、それに比べればアスファルトというのは原油がそれぞれ違いますから、製造方法は似たようなものですけど、原油が違うということはアスファルテン量とか、微妙なバランスが違うわけですから、メーカーによって多少違って来る。

それとケミカルとの相性ですから、やはりアスファルトが10種類あれば、10通りの差はありましようね。

飯島 この辺の発言は、なかなか微妙になってくる

なあ。(笑声)

片脇 改質アスファルトについては、ちょっと観点を変えて考えてみることはいかがでしょうか。

いろいろな分野で「環境に優しい」ことが不可欠な要素となっています。省資源やりサイクルの観点から、ゴムアスファルトなどは、組成や性能をもう一度捉えなおしてもよろしいように思います。

たとえば、廃タイヤを用いたゴム入りアスファルトや、プラスチック廃材による樹脂入り舗装……。もっともこれらは必ずしも改質にはならないかも知れませんが。それでも大きな意義があるように思います。

どのような特性が得られるか、どのような不具合があるかをよく理解した上で、これらを活用することが大局的に望ましいことではありませんか。

私、ニューヨークで廃ガラスを砕いたガラス入りのアスファルト舗装上を走りましたが、夜、きらきらと輝いて……綺麗でしたね。

鶴窪 発注者側としては、交通量によってはまずアスファルトとして対応できる40/60の低いグレードがあると思うんですね。どうしても改質を使わなければいけない重交通路線もありますし、改質材を使うならば、たとえば施工温度が高いというけれど、それは止むを得ないのか、温度を下げても、そういう効果のあるようなものがないのかどうか、そういう製品開発への希望と、もう一つは施工者側としては、温度が高ければ、それなりの注意を払った施工をしているんでしょうが、難しいなりに品質管理をよくするとか、そういうことをお願いしたいと思います。

フィニッシャー、転圧機の改良の予知もあるように思います。

飯島 基本的には改質というのは目的があって、良いものを作り出すわけだから、使い方も難しいかも知れませんが、あるいはコストも高いかも知れない。これは当然の話だろうと思いますが、それなりに品質管理もきちんとなさなければならないということでしょうね。

鶴窪 コストが高くても、それが長く持てば使うということになっていくでしょうね。

荒井 改質アスファルトの混合温度をどう決めるかというのが一番困るんですね。ストアスでは何センチストークスで混合しなさいというのがありますね。あれをそのままズバリ改質アスファルトに持ってきますと、かなり高い温度になる訳です。それをそのまま適用しておられる方が多いと思いますが、問題だと思い

ます。

鶴窪 ストアスと同じじゃいけないと思うんですね。

荒井 ええ。改質アスファルトに対するマニュアルみたいな共通した考え方が必要になると思います。

特に最近、高粘度バインダーが出てきましたが、ものすごく粘度が高いですね。改質Ⅰ型、Ⅱ型以上に高粘度のものが出てきている訳で、そういうものをどうやって使っていっていいかというコンセンサスを作る必要があると思います。

☆排水性舗装について☆

飯島 今、お話の排水性舗装用の高粘度アスファルトというのは何を入れて高粘度にしているんですか？

小島 40万とか100万とかいうデータが出てますよね。今までは1万のオーダーだったけれど、それが10の5乗になったり6乗になったり、そういう高いグレードのものを使ってますね。

飯島 改質剤は何ですか、樹脂系のものですか。

荒井 SBSとか、そういう熱可塑性ゴムが多いんじゃないでしょうか。

飯島 温度の設定とか、貯蔵方法とか、難しいことはありませんか。

小島 やはり難しいと思いますね。温度・粘度曲線でいったら、とてつもない温度になるんですね。それをアスファルトがベースだからということで、アスファルトの劣化ということで上限180とか190℃位で混合している例が多いと思うのです。それでやっても、アスファルトがだれ下がりがちだとか、そういう難しさが今までのアスファルトよりはあると思います。

鶴窪 排水性舗装の機能の保持でどんなバインダー材や骨材がいいのか言われていると思うんですけど、排水性舗装用高粘度バインダー材について我々が行った促進摩耗試験の結果では、改質材の種類によっては寒冷地用の密粒のものとあまり変わらないようなバインダーも出てきますね。

今後、回転式舗装試験機での確認は必要になりますけど、これをいかに規格化するかが課題だと思いますね。

秋葉 どういうものが問題になるんですか。

鶴窪 摩耗を含めた骨材の飛散にはタフネスナシティーが高いものや耐流動として60℃粘度でしょう。

それに粉塵がバインダー材で固まって目詰まりを起こしています。それに骨材の悪いものをバインダーで少しでも救える部分もあり、長持ちし、機能保持の長い高粘度バインダーが期待されていると思います。

でも結構幅があるというのが実情じゃないでしょうか。

片脇 ヨーロッパで聞いた例では、排水性舗装の寿命は大体9年だそうです。排水性舗装が9年もつかどうかということが1つ課題と思うんですが、日本の場合、骨材が非常に影響を及ぼすのではないかと。

それからバインダーそのものも表面積が大きいですから、酸化劣化や水の影響を非常に受けやすいのではないかと心配されます。そうすると先程のお話のように日本は非常に雨が降り、それから日照時間も非常に大きいと思いますね。それに適したバインダー骨材の選定が重要になってくる。

ところが、心配しておりますのは、このような新しいタイプのバインダーの成分とか組成とかが必ずしも明らかになってないんですね。これはまだ開発段階だということもあるんじゃないでしょうか。

発注者にとっても一番重要なのは適用範囲——要するにどこまで使ってよいのか、どこまで効果があるか——ということだろうと思うんですが、材料特性がわからないから適用範囲を推測したり判断したりするのが難しいという面がありますね。

と言いますのは、試験施工をいたるところで行っているわけではなくて、どうしても限られた場所での結果しか得られていないのですから、材料特性からの推測が今の時点で重要だと思っているのです。

そのためにも、材料面からのプレゼンテーションと言いましょか、これこれだから、こういう性能を持たせているということをはっきりさせていただきたいですね。

飯島 それは材料の提供側から、もう少し品質なり特徴を提示して欲しいということですか？

片脇 材料の固有の性能を、もう少し舗装技術者のほうに明確な形でお話いただいてもいいんじゃないかなうか。

飯島 むしろユーザー側である我々が、もう少しこういうものを作って欲しい、こういう特徴のあるバインダーを出して欲しいということを言わないといけないということにもつながるんじゃないですか。

なかなか、バインダーを提供する側では、そこまで理解していないところがあるのかも知れませんが。

秋葉 そうですね。恐らくこんなものだろうと思って作るわけです。じゃあ、それが本当に性能としてどうあるのかというのが、まだあまりよくわからない。その辺が難しいところですね。

片脇 アスファルトに限らず、土木材料は基本的にその組成をオープンにすべきだと思いますね。

というのは、レストランで言えば、料理人が私達で、客はドライバーですよ。腕の良い料理人は、肉の良し悪しを色つやだけでなく、どこの産で何という種類か、牛は何を食べていたかを必ず聞きますよね。土木資材の場合、性能の良し悪しは品質で競争すればよいわけですから、組成をオープンにしても何ら困ることはないはずだと思うのですが。もちろん、競争成果が得られるような品質規定を作ってあげてをしなければなりません。

商品をどのように設定するか、材料設計者には大きな役割をもっておられます。

商品化に至るまでに、材料の組み合わせや配合に大変な御苦労をされて性能をだされるわけですから、この延長線でのニーズに合わせたバインダーの改良を期待しているのです。

鶴窪 バインダー材については、良いものと悪いものの評価が早くできればいいんじゃないかと思います。

排水性舗装を平成元年度から施工し、3年度までに約11万㎡施工していますが、バインダー材の数も増え、いいものも出てきているように思います。

単価の設定については開発途上にあり、小規模工事の多い日本とヨーロッパとの比較は適当でないかも知れませんが、5割程度高めのような感じです。

骨材の方ですが、扁平率の厚さ長さ比3倍での規定が25%以下ですが実質25%というのはほとんどありません。これを例えば10%にしても、10%外れるのもそう悪くないことにデータ的にはなります。

これまでの試験施工で、すりへり減量は平均15%と小さく、細長・偏平量20%で施工したら割れた例がありますので、そういった質・形状の厳密な規格をもう少しやっていけば、機能保持が良くなるんじゃないですか。

ヨーロッパのは石がいいと聞きますが、すりへり減量を18%、20%以下と厳しく規定している国もあります。イギリスの偏平率は、舗装要綱の厚さ長さ比5倍に近いと思うのですが、日本10、イギリス25%となっていますね。ただ碎石の分級が日本の5、6号碎石の20~13、13~5 mmが20~14、14~10、10~6.3と1つふるい目が多く、単粒化の粒度が組みやすい、この辺の違いもあるようで、ヨーロッパで長持ちしている排水性舗装について総合的に比較検討して試験施工を各機関でやられているのが現状だと思います。

先程お話し致しましたように、アスファルトと添加剤以外にもバインダー材と骨材の親和性にも注目していく必要がありますね。

機能の面では1~2年で悪くなるのが一般的ですが、中には3年舗設時の機能を保持しているものもあります。飛散などの耐久性については、バインダー材の開発によりよくなっています。

小島 この舗装は適当な時にやはりスィーパーをかけて排水機能を回復するような保守管理をしていくことじゃないかと思います。

しかし、発注機関の方ではそういう手をかけないで、なおかつある程度の年数を保証できるような舗装が必要だという意見のようですから。

鶴窪 第2東名神など騒音対策まで含めた機能を保持するところのレベルと、それから非常に排水性がよかったりすべり抵抗性から交通安全対策上いいとか、そういう2つの面で考えてます。清掃のメンテをする交通が渋滞するんで、欲張って、最初からあまりトーンを下げてはいけないんで、もう少し目標値を高く掲げて、少なくとも3年ぐらいいは何もしないでも持つて欲しい(笑声)そういう希望があるんですよ。

飯島 まあ3年は何もしないですむようにしないとね。もっと長く、5年ぐらいいは何もしないでも……。

鶴窪 排水条件の悪い条件のところでは安全対策として排水性舗装を施工しており、詰まり易いのは当然ですし、排水し易い排水施設と併せて施工することは必要でしょう。建設のほうで排水勾配のとれる所でもやっていますので、機能の持続がよくなるのか分かって来ると思います。

飯島 排水性というのが非常に重要なテーマですが、新しい混合物で何か他には？。

鶴窪 さっきの延長になりますけど、どうしても排水性舗装としての機能が落ちるものなら安全対策の面からギャップ舗装はどうかという話になるんですね。

今の排水性舗装が2倍ぐらいいの単価ですから、アメリカの型の厚さ2 cm以下の開粒度摩耗層としてのOGFCも日本の気象、交通条件に適用することが確認できれば交通安全対策として取り入れていくと思います。

小島 路面が明るいことがかなり期待されるようになってますから、明色性の舗装とか、もう一つは脱スパイクとよく言われますけど、凍結抑制舗装とか、新しいものが望まれているようです。

☆将来の舗装材料☆

飯島 将来の舗装にこういう材料があるといいなあという夢を一言ずつ語っていただけるとありがたいのですが。

鶴窪 元々アスファルトは黒いものなので、わだち掘れ、ひびわれが解消出来たら、アメニティーを考えたカラー舗装もその一つです。今年10月シェル石油の国際シンポジウムでヨーロッパの講師の話でもあったんですけど、ヨーロッパでもカラー舗装に取り組んでいるようですね。もう少しカラー化をコストも高くない範囲で白くすると相乗効果的に路面温度も上がらず、耐流動対策にもなります。

栗谷川 ここ2、3年輸入した石を持ち込まれることが多いんです。大手の道路会社で、中国から持ってきているんですが、その石は焼いたもので、セラミックスなんです。よく使われている黄色っぽい石のものに比べて約30%位の値段だそうです。しかし、すり減り減量は約30%から20%位で、吸水率が4、5%位多くなっています。

今考えているのは、セラミックスをある程度硬くし、安定性のあるものを作るためには、低い温度で長い時間焼くといんです。高温で短時間で焼くと、脆いものになります。実際に外国でそういう物が安い価格で出来ているようですね。東京都ぐらいの面積が全部、粘土だということなんですけれど、こういうものも、これからいろいろ使えるような気がします。

飯島 色は黄色ですか。

栗谷川 真っ白です。大手の商社が中に入っているんですけどね。

飯島 表層には使えますね。

栗谷川 はい。機能的に表面にそういうものを撒いて、温度を少し下げようかということもちょっとやっているんですけど、その時に色のついていない、脱色の値段の安いのがあれば。メーカーが限られていますね。

小島 照り返しの少ない舗装が欲しいですね。夏、熱いからです。

鶴窪 バインダーが黒くないもの。

秋葉 私がイメージしているのは、たとえば高速道路の出口側は茶色にする、本線は緑色にするとか、都会の広域避難道路は茶色にするとか。そういう意味でのカラー舗装というのはあるのかなと思ってます。

鶴窪 我々もそういうイメージを持っていますんですが、ただ単価が数倍高い物を使うのはやはりね。個人的には高速の出口あたりのカラー化やサービスエリアなどブロック舗装でカラー化していますが、アスファ

ルト系での舗装もあるのではないかなと思ってのんですよ。そう高くないような材料の革新ができないでしょうかね。

秋葉 非常に難しいだろうと思います。

白神 アスファルトは黒いからアスファルトであって、今のアスファルトをベースにそれを脱色するという考え方は難しいと思います。

鶴窪 脱色アスファルトというのを聞くのですが、非常に高いですか？

白神 要するにアスファルテンを取るということですから。ただ、明るくすればいいのであれば、何もアスファルトにこだわることはないんで、それは石油会社は困りますけど、いわゆる石油樹脂系のバインダーをもっともっと改質なり何なりしてアスファルトのかわりに使っていくという方向ですけれども、その場合は値段がアスファルトとは別の体系ですから、高くならざるを得ない。今でもあるんですから、もう少し工夫すれば、お金さえかければ、もっといいものはできるでしょうが……。

飯島 お金の問題ですか？

白神 ただ、舗装は色をつけるということではバインダーよりも石のほうが大きいんじゃないですか。

鶴窪 明色骨材でそれは白いんですが、アスファルトが黒く走行しているうち路面は白くなるのですが、わだち部だけしか白くならないので全体の明色にならないと最初から磨かないといけないという人もいます。

荒井 いろいろあると思いますが、私は常温で施工できるものができないかなと。

飯島 常温で、耐久性があって、しかも水にも強いものでしょうね。

片脇 たくさんさんの夢と期待をもっています。キーワードをあげますと、安全、快適、環境、省エネなどですね。

最近、私の研究室でまとめた表があります(表-4)。既に要素技術としてはあったり、可能性が高いものですから、製品開発の段階にこれから進めるといえますね。

ちょっと口はばつたい言い方かもしれませんが、仕組みをよく考えてあげて、開発しやすい環境を速やかに整えてあげたいですね。

改質アスファルトを見てもわかるように、放っておけば沢山種類が出てくる。つまり我々が一番知りたい改質効果が本当にあるのかということの評価する以前に、材料が多過ぎるため、わけがわからなくなってし

表-4 期待される舗装材料と特性

キーワード	車の走る道	人の歩く道 自転車道
安全	・夜も明るい ・レーンのはっきりした ・雨天時に水はけがよい ・雨天時もすべりにくい ・冬に凍結しにくい ・タイヤの変形が少なくできる	・すべらない ・弱者への配慮がなされている
快適	・夏、照り返しの少ない ・なめらかな	・夏に照り返しの少ない ・人間工学的に歩きやすい ・ジョギングしやすい ・デザインが優れている(カラーなど) ・多目的に使える
環境	・騒音が少ない ・有害物を出さない(減りにくい) ・施工時、地球温暖化につながるガスを出さない	・緑が多い
省エネ	・エネルギー消費が小さい ・リサイクルできる	
省人化 高生産性	・短時間で舗装 ・汚くない	
高耐久性	・寿命を大幅に向上された	
メンテナンス	・すぐに直せる ・機械的メンテナンスができる ・メンテナンス周期が長い	・自己修復する
交通管理 しやすい	・交通量や荷重をリアルタイムで舗装体が教える	

建設省土木研究所化学研究室

まう。

やはり、目的をもった材料開発を行って頂くためには、これだけの量は是非使いたいということを明確にしないとイケない。

たとえば改質アスファルトを舗装全体の3%使う時と20%使う時とでは全く作り方も変わってくるでしょうし、試験施工的なレベルと、大量生産・大量施工では違うから、なるべく早い機会に実際に沢山使って、できるだけいいものを活用という体系的な仕組みを考える必要があると思っています。良いものができるのを待つのではなく、良いものを作ってもらうための仕組みですね。そのためには、技術開発のための戦略を作ることが要請されていると思いますね。

小島 いろいろ新しい機能面を要求されるようにな

ってきたので、それに適応するものが出てくるかと思いますが、今言われた仕組みの話は、どれくらいのコストをかけたなら、どの程度ペイするかという考え方は今度の要綱にも出てきているように思います。

要するにコスト・パフォーマンスというか、当初だけじゃなくて、ある期間を通して最終的な舗装を経済的に設計しようというやり方の方法が出たので、かなり前向きになってきたんじゃないかという感じはします。

飯島 それからアスファルトの色つやというのは、昨日と今日でもものすごく違うというケースがあるんですか。

鶴窪 骨材が油を吸いますから、舗装後1週間もすればかなり引きますね。吸水量の高い骨材は色があせて見えます。だけど色つやというのはプラントで練り落とした時のことをいってるんじゃないでしょうかね。

飯島 その原因はバインダーそのものにあるのか、骨材にあるのか、油が石に吸われるので、その相互作用なのか？。

白神 私は舗装の現場を知らないから、そんなこともあるかなと思ったりしますね。

小島 たまたま骨材を指定されて、同じ骨材でやっても、やはり色が違いますよ。

飯島 それはアスファルトが違うじゃありませんか。

秋葉 同じ黒さでも、一つ一つやはり違うんでしょうね。

鶴窪 混合の温度とか、それもあるでしょう。

飯島 微妙に違うというのは、やはりあるだろうと思いますが、著しく違うということはないでしょう？。

荒井 それはないです。

白神 どうも真っ黒がいいんだという受け止め方をされているんじゃないですか。少し赤味があった黒だと、これはどうもとか……。

鶴窪 カットバックすると茶褐色なんですかね。

秋葉 だんだん薄まってくると茶色になるとは言ってますね。

飯島 アスファルトそのものが薄まるようじゃ問題なんじゃないですか。

小島 温度によって変わらないですか。温度が上がってくると、被膜が薄くなって茶色に見えるとか。

白神 それはあるでしょうね。

飯島 色が工区によってだいぶ違うというようなことは、最近多くなったんですか。それとも昔も今も同じようにあるよということですか。

荒井 それはあったと思いますが、同じアスファルトを使っているながら、昨日と今日で色が違うことがあるようです。いつもそういうことがあるという訳ではないのですが、何か条件が変わったのでしょうか、何が原因かなかなかわからない場合が多いですね。

飯島 それは施工方法じゃないの？。(笑声)

秋葉 強さは変わるんですか。

鶴窪 さあ……、臭いはナフサによって変わることはあるんですかね。

白神 臭いというのはppmオーダーの成分の問題ですから、原油によって違うと思います。

栗谷川 一番高く出てくる温度は何度ぐらいなのでしょうね。というのは水なんかの臭いは40℃でやるんです。だからアスファルトも臭いで判断するなら、臭いの一番良く出る温度というのがあるんじゃないですか。

飯島 じゃあ、いい匂いのするアスファルトを考えるとか。

秋葉 それはいいですね。

飯島 色もいいし、匂いもプーンとしていいものとか。

秋葉 香り入りのアスファルトは作りやすいと思いますけどね。

飯島 讃岐アスファルトに香りアスファルトか(笑

声) これは技術開発できるでしょう。

小島 たとえばカプセルにするなどして施工した後で何か匂いが出てくるとか……。

これとは別に、蒸発後の針入度というのは、色つやとか、軟質分とか、蒸発しやすいとか、このような変化が現れやすいアスファルトをチェックしようとして取り入れられた試験なので、色つやに関してはある程度チェック出来るのではないのでしょうか。

飯島 やはり薄膜加熱試験前後の評価というのは、そういう意味では非常に大事だと思います。原油の違いを見えるというのがこの試験ですからね。だから広い意味で言うと色つやなんかにも関係しているのかも知れませんね。

物理性状は同じでも、加熱前、加熱後、あるいは日によって微妙に変わってくることはやはりあるのかも知れませんね。だから、これからはむしろ色なり香りなりの好ましいアスファルトを開発すべきなのかも知れません。みんなに好かれるアスファルト(笑声)。

それがアスファルト単体で可能かどうか。もちろんコストは高くなるでしょうがね。香りアスファルトというのはアイデアとしてはいいアイデアかも知れませんよ。

それではいろいろなアイデアが出たところで終りにしたいと思います。皆さんありがとうございました。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

Q & A

Q 1

石油アスファルトの製造法（①蒸留法、②ブレンド法、③セミブローイング法）および原油の種類とアスファルトの品質について教えてください。

(1) 石油アスファルトの製造法

アスファルトの生産工程を図-1に示します。

原油はまず常圧蒸留装置にかけられ、ガソリン、灯油、軽油などが蒸発分離され、常圧重質油（≒重油）が残ります。

この常圧重質油は次に減圧蒸留装置にかけられ、潤滑油留分が蒸発分離され、減圧重質油が残ります。

減圧蒸留装置の運転条件は通常温度350℃～380℃、圧力30～40mmHg程度ですが、この条件をかえることによって分離される潤滑油留分の量がかえられる（すなわちアスファルトの針入度が調節できる）ので、運転条件を適当に調節することによって、例えば60/80ストアスなどを直接製造することができます。この方法による製造を①蒸留法と呼んでいます。

40/60ストアスや150/200ストアスなども上記の方法でも製造できますが、60/80ストアスなどに比べ一般に製造量が少ないことから、40/60ストアスは60/80ストアスに脱瀝アスファルト（後述）を、150/200

ストアスは60/80ストアスに重質潤滑油留分等を混合して針入度を調節して製造される場合があります。このような製造法を②ブレンド法と呼んでいます。

また、重交通道路舗装用AC-100はセミブローンアスファルトと呼ばれていますが、これは図-1に示されているようにして減圧重質油をさらにブローイング装置にかけて製造したものです。

ブローイング装置は200℃～300℃に加熱された減圧重質油に空気を吹き込む（これをエアーブローイングという）装置で、アスファルトにエアーブローイングを行いますと、酸素の作用でアスファルトの成分が脱水素、重縮合反応を起こし、高分子化し、硬くなると同時に軟化点が高くなり、感温性が小さくなります。

AC-100は特別に調製された原料油をブローイングしているため、ストレートアスファルトに比較して感温性が小さく、60℃粘度は大幅に高くなっています。

一般のブローンアスファルト（針入度5/10、10/20、20/30など）に対しAC-100は針入度が40/60程度と大きいことから、その製造法を③セミブローイング法と呼んでいます。

溶剤脱瀝装置は減圧重質油から、ギヤ油などの原料になる粘度の高い潤滑油留分を抽出するための装置で、減圧重質油から溶剤としてプロパンなどを使って潤滑油を抽出分離しますと、硬いアスファルト分が残ります。これが脱瀝アスファルトと呼ばれるものです。

脱瀝アスファルトは針入度が小さく、単体では舗装用には使用できません。その一部は前述したように40/60ストアスの製造に使用されていますが大半のものは、C重油のブレンド材となっています。

(2) 原油の種類とアスファルトの品質について

アスファルトは原油の蒸留残渣として製造されるため、その品質は当然のことながら、使用される原油によって大きく影響を受けます。

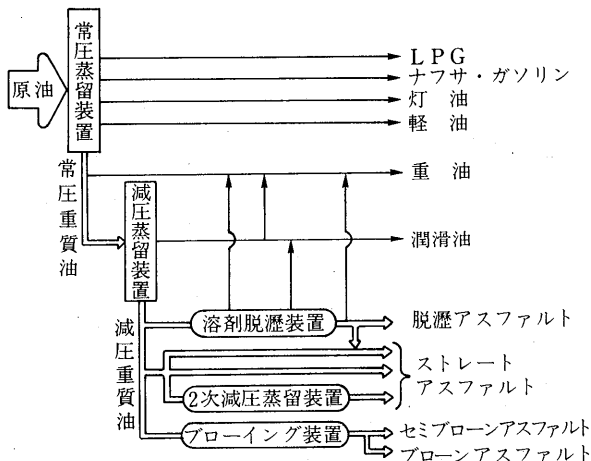


図-1 アスファルトの生産工程

原油の種類は非常に数が多いが、通常それに含まれる炭化水素のタイプによってパラフィン基、混合（中間）基、ナフテン基の3つに大別されています。

表－1に各種原油からのストレートアスファルトの性状を示します。

サンノーキン、メキシコ、ベネズエラ等ナフテン基原油からのアスファルトは収率が高く、性能がよいが、混合基原油からのアスファルトに比べ感温性が小さい。

混合基原油からは品質のよいアスファルトが製造できます。特に我が国に大量に輸入されているカフジ、アラビアンヘビー、イランアンヘビー等のいわゆる中

東系重質原油からは高品質のアスファルトが製造できますので、我が国では主としてこれらの原油からアスファルトを製造しています。

大慶、ミナス等パラフィン基原油からの残渣はパラフィン分が多く、アスファルトとしては品質が不十分であるが、一方イオウ分が少なく、重油としては好ましい。我が国ではこれらの原油はアスファルト製造用には使用されていません。

（白神健児（社）日本トライボロジー学会）

引用文献：アスファルト， vol.26 No.137 p.14

表－1 各種ストレートアスファルトの性状

原油 項目	サンノーキン		カフジ		クウェート		アラビアン・ヘビー	アラビアン・ライト	イラニアン・ヘビー	勝利
針入度，25℃	74	85	71	83	80	93	97	101	78	131
軟化点，℃	44.0	45.0	48.5	46.5	46.0	46.0	46.5	44.0	46.0	43.0
針入度指数	-1.7	-1.4	-0.8	-0.9	-1.2	-0.7	-0.4	-1.1	-1.3	-0.6
伸度，cm，15℃	100*	100*	100*	100*	100*	100*	100*	100*	100*	82
10℃	100*	100*	25.0～39.0	63.0～75.0	100*	100*	100*	100*	30.0～49.5	—
5℃	0.5	0.5	6.5～7.2	5.7～6.0	8.6～10.2	8.4	7.5	8.5	5.8～6.6	—
蒸発量，%		0.12	0.00		0.00				0.00	0.25
蒸発後針入度，%		87	93		92				93	94
四塩化炭素可溶分，%	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9				99.9	99.9
薄膜加熱質量変化，%				+0.02		-0.06	-0.06	-0.05		0.46
薄膜加熱後針入度，%				50		61	64	60		59
比重，25/25℃		1.016	1.025	1.030	1.030	1.030			1.012	1.001
*ワックス量，℃		1.1	1.61	1.82	1.72	1.84			2.17	5.9
フラスコ脆化点，℃		(Acid法)	-18	-13	-15	-14	-14		-12	-17
粘度，c.p. 160℃	54.5		153	119	130	109	104		99	—
100℃	1250		3700	3250	2700	2600	2875		1800	—
c.s. 135℃	150.0					366.2		305.4		235
組成，アスファテン，%		13.9	23.9		19.8				19.8	(7.7)
(B&M法)，レジン，%		48.1	57.0		70.8				59.8	
オイル，%		38.0	18.7		9.4				20.4	
エーテルアスファテン，%			17.2	15.0	10.0	9.6			10.4	
原油の種類	ナフテン基		混合基							パラフィン基

* ホルデ法

Q 2

アスファルトの製造法と組成の関係について教えてください。

同一原料から減圧蒸留法またはエアブローイング法によって同一針入度のアスファルトを製造した場合のそれぞれのアスファルトの物理性状と組成(Corbett法)を原料のそれと合せ図-1に示します。

蒸留法では減圧重質油(Flux residue)中の沸点の低い蒸発しやすい成分(Saturates & Naphthene-aromatics)が蒸発除去されて針入度が硬くなっています。この傾向は同一原料から蒸留法で製造された針入度の異なるストレートアスファルトについてもいえます。

これに対しエアブローイング法では化学的に安定なSaturateは変化なく、Naphthene-aromaticsが重縮合してPolar-aromaticsに、そしてさらにそれが重縮合してAsphalteneに変化して組成的にゲル化しその結果針入度が小さくなっています。従って針入度は同じでもエアブローイング法で製造されたアスファルトの方が軟化点、60℃及び135℃粘度が高くなります。

(白神)

引用文献: Corbett L, W: Hydrocarbon Processing
vol.58 No.4 p.173(1979)

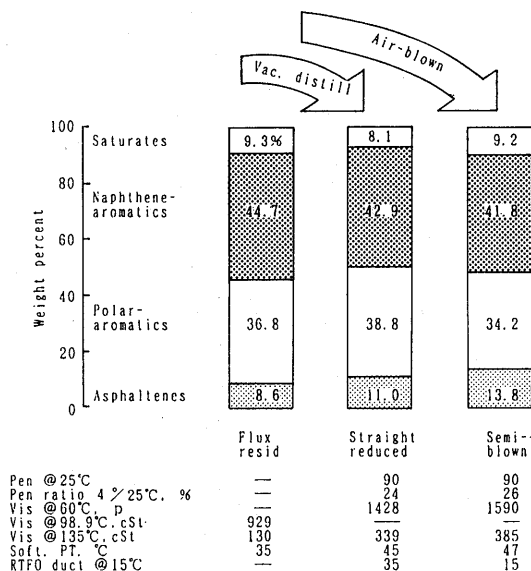


図-1 蒸留とエアブローイングの比較

Q 3

ストレートアスファルトは、JIS規格で針入度のグレード別に分けられています。また、規格項目も軟化点、伸度など数項目が定められているに過ぎません。実用面で支障はありませんか。

(1) 石油アスファルトのJIS規格は、1956年7月に制定されて以来、1960年4月・1969年3月・1980年1月・1988年7月と4回の改正を受けて現在に至っています。

1960年、1969年の改正は、石油事情の変化に対応し、これに使用者側の要請を加味したものと言われています(1960年当時は、国産原油の衰退、メジャーの原油開発競争、OPECの設立等原油事情が刻々と変化していました)。

(2) 一方、日本道路協会では昭和47年9月に、過去10年間のアスファルト舗装の状態、製品アスファルトの性状を考慮して、日本道路協会暫定規格を定めました。

この中で配慮されたのが次の2点です。

- ① アスファルト混合物にしたときに粘りけがなく、表面の石が飛び易い、フラッシュしやすい等の傾向のあるアスファルトを排除する。
- ② 耐老化性を改善する。

規格項目として、①に対しては、蒸発後の針入度比が、②に対しては薄膜加熱試験が加えられました(昭和50年版アスファルト舗装要綱に正式に盛り込まれています)。

この日本道路協会規格は、1980年の改正でJIS規格に取り込まれ、両者の規格の整合性が図られています。

(3) この間、「針入度によるストレートアスファルトの区分、軟化点・伸度による品質の縛り」と言う規格体系の考え方は基本的に変わっていません。

一方、交通事情の変化・環境に対する要請から近年道路の要求性能が高まり、かつ又舗装廃材の再利用等劣悪な材料に対してもその性能を維持することが要求されています。

このため、施工方法・施工材料にも様々な工夫が加えられるようになりました。

(4) このような状況から、現在の規格でさしあたり大きな支障はないとしても、これらの施工法・施工材

料の変化に対応してストレートアスファルトの物性にも工夫が必要と思われます。

- (5) 米国では、SHRP計画が来春で完了しますが、アスファルト材料の研究成果も次々と公表されています（Q&A Q9参照）。

日本においても、どのような規格項目を盛り込ん

だらよいかを今後研究する必要があると思いますが、現実の問題としては現地の気象条件（気温、雨量、寒暖差等）にあった性状のバインダーを選択することが肝要です。

（秋葉國造 日本石油㈱中央技術研究所）

Q 4

針入度級内で針入度が規格ぎりぎりのものや、外れるのがあります。メーカー提出の試験表もばらつきが以前より大きい傾向が認められます。
製造時、出荷時の品質管理（針入度の調整）はどのように行われているのでしょうか。

- (1) 一般に品質には、設計品質（ねらいの品質）と製造品質（できばえの品質）と言うものがあります。

ねらいの品質とは、「アスファルトとしてどんな特性を持たせたら良いか」を規格値などで具体的に示したもので、JIS規格、商品規格のほか、社内で定める各種の製造上の基準（社内標準）がこれに当たります。

できばえの品質は、「ねらった品質に対し出来上がった製品がどの程度合致しているか」を示すものです。

さらに、使ってみて期待する機能を発揮するかどうかの評価、すなわち使用品質と言うものが考えられます。

これらのことを前提に話を進めて行きます。

- (2) 石油アスファルトの品質の維持管理は、製造からアスファルトプラントに届くまでに次のようなステップで行われています。

① 製油所における品質管理

- 生産計画
- 工程管理
- 製品検査（出荷検査）

② 物流段階における品質の維持

- (3) 生産計画（製油計画）の段階では、その月々での燃料油ほか全製品の需要に合わせて、処理原油、常圧蒸留装置・減圧蒸留装置を含む各装置の運転条件、製品の製造のタイミング等を決定します。

アスファルトの生産はこれらの中に組み込んで行われて行きますが、処理する原油にはアスファルト生産に適したものが選択されます。

アスファルトのグレード（針入度区分）は、主に減圧蒸留装置に張り込む温度（または収率）をコントロールして取り分けます（製油所によっては、プロパン脱湿装置を用いてアスファルト原料を採取する場合や異なる針入度のアスファルトを調合して所

定のアスファルトを製造する場合などがあります）。

製品の品質目標は、JIS規格を下敷きとして、さらに厳しい管理幅を設けた製造用の規格で行います。

ここまでは、「ねらいの品質」としての管理の段階と言ってよいでしょう。

- (4) 工程管理の段階では、アスファルトについては常圧蒸留装置・減圧蒸留装置の温度条件、収率の監視を常時行うほか、1日に1回ないし数回留出しているアスファルトの針入度ほか基本的な性状を測定し、品質に異常の無いことを確認します。

通常、製品タンクがいっぱいになったところで製品としますが、この段階でロット検査を行い総合的な品質性状の確認を行います。

「できばえの品質」については、このほか原料としての原油の検査・定期的な槽油の検査等様々な方法で品質の維持に努めています。

- (5) 製油所からはタンカーで油槽所に配送され、ここからタンクローリーで需要家へ届けられることになります（製油所から直接需要家へ送られることもあります）。

この段階で品質管理上注意することは、混合による汚染と経時変化です。

ストレートアスファルトは製品化してから顧客に届くまでの間、160～180℃に加熱された状態にあります。

通常ストレートアスファルトは、加熱状態で少しづつ針入度が低下する傾向にあります。しかし、これもタンク内での貯蔵のように空気との接触面積が容積当たりで小さい場合、さほど問題になりません。

- (6) 最後に使用品質と設計品質に整合性が取れているかと言う問題があります。この点は、今後議論を深めていく必要があるでしょう。

（秋葉）

Q 5

製油所からアスファルトプラントまでの流通過程でのアスファルトの熱劣化の度合いはどのようになっているのでしょうか。

製油所で製造され製品タンクに貯蔵されたアスファルトは図-1に示すような流通過路を経て需要家側に納入されており、これらの流通過程でアスファルトは常時150℃～170℃程度に加熱されています。

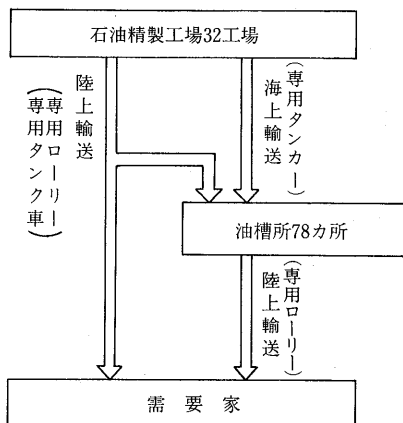
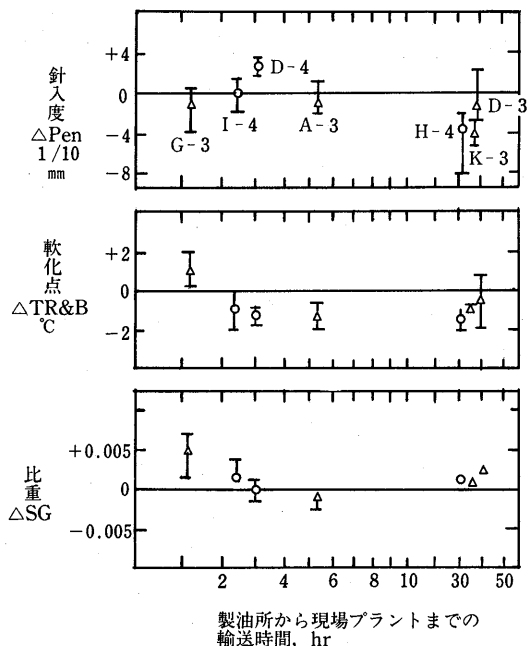


図-1 アスファルトの流通経路（一例）

製油所、油槽所でのタンク貯蔵時、油温は前述のように150℃～170℃と高いので、液面からの油分の蒸発や、一部成分の酸化が起り、期間が長い場合には品質の劣化が懸念されるが、このような現象は表面だけの現象と考えられ、一方タンク内容積は相当に大きいので、タンク全体のアスファルトの品質については実際上問題になるような劣化にはなっていません。

図-2は、横軸に製油所から現場プラントまでの輸送時間、縦軸に現場プラントにおける物性値と製油所における物性値との差を示したものです。

この例では、運搬中の物性値の変化はほとんど認め



凡例

△…Pen60/80 ○…Pen80/100
△…値の範囲 △…平均値

図-2 輸送時間と物理性状（現場－製油所）

られていません。このことからアスファルト運搬時における熱劣化はほとんどないと考えられています。

（白神）

引用文献：谷口、伊藤、アスファルト、vol.33 No.164 p.67 (1990)

Q 6

舗装用アスファルトは、メーカーからの直送ではなく、共同のターミナルから配送される場合が多いと聞いています。

流通の経路について説明して下さい。また、この間の品質管理は、どのように行われていますか。

舗装用アスファルトは、製油所からアスファルト船（保温装置を備えたものが大部分であるが、一部加熱装置を備えたものもある。）で、全国各地の油槽所へ送られ、そこからアスファルトローリー（保温装置を備えたもの）でアスファルト合材工場へ配送される場合と製油所から直接アスファルト合材工場へ配送される場

合の二つのケースがあります。（図-1 参照）

また、アスファルト油槽所は、図-2を見ていただくとお分かりのように、共同のターミナルはむしろ少なく、大部分はアスファルトメーカー及びアスファルトディーラーが個々に所有しており、自社または系列会社の製油所から舗装用アスファルトが輸送されてお

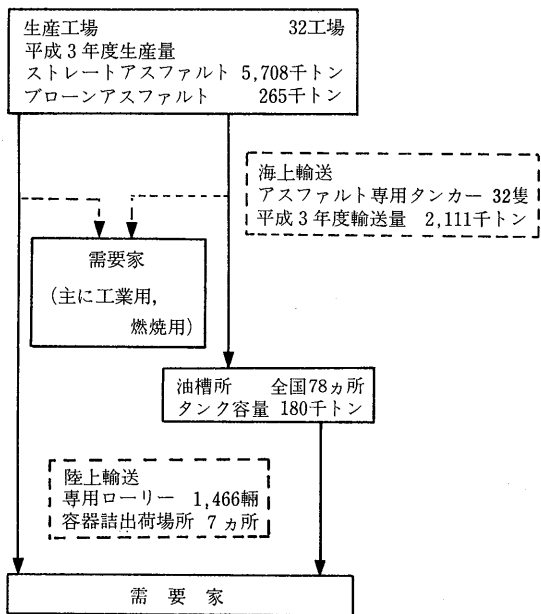


図-1 アスファルトの流通経路 (一例)

ります。

製油所から油槽所への所要日数は、例えば京浜地区から北海道方面へ行くのに片道4～5日位かかります。

また、アスファルトローリーでアスファルト合材工場へ配送できる距離は、約200km位までといわれております。

従って、この間の品質管理は温度変化による品質の低下が起こらないよう、先に述べたような特殊な船やローリーを使用することによって、温度が一定に保たれるように充分な配慮がなされております。

(事務局)

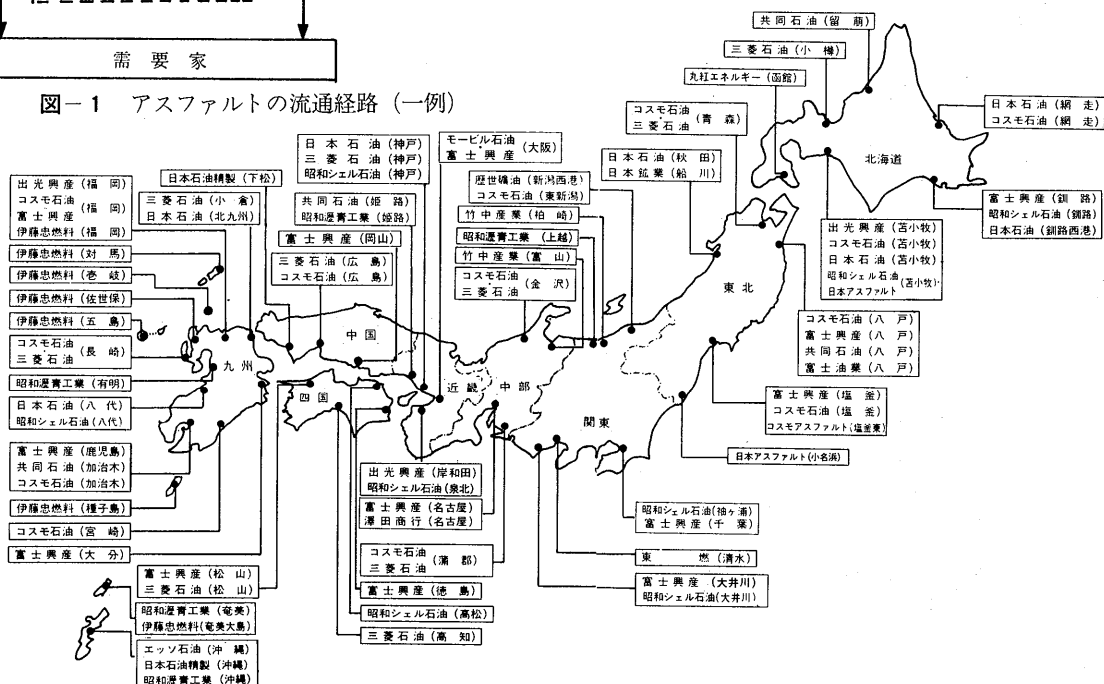


図-2 石油アスファルトの油槽所分布

Q 7 各国のストレートアスファルトの品質規格について教えてください。

表-1に各国のアスファルトの品質規格を示します。我が国の規格は針入度、軟化点を基本とする規格ですが、諸外国もこのタイプの規格が多いです。

しかし近年、軟化点のかわり、またはそれに加えて60℃、135℃粘度を導入する国が増えています。

60℃粘度は物理的な単位であること、アスファルト舗装の供用性に大きく影響する60℃前後のアスファルト

トのコンシステンシーを数値として把握できることを評価したためと考えられ、今後この項目を採用する国がさらに増えると思われます。

伸度、フラスゼい化点がかなりの国の規格にみられます。

熱劣化試験は蒸発減量から薄膜加熱への移行がめだちます。特に諸外国では劣化後のアスファルトについ

ての性状項目を数多く規定しています。これは混合時のアスファルトの劣化の重要性に目を向けたためと思われま

られます。

(白神)

溶解性はすべての国に、パラフィン分は4カ国に見 参考文献：アスファルト vol.30 No.155 p.23

表-2 各国のアスファルトの品質規格

(シェルグループ社内技術資料)

国名 試験項目	オーストラリア	オーストリア	ベルギー	カナダ	デンマーク	フィンランド	フランス	西ドイツ	イギリス	イタリア	オランダ	日本	ノルウェー	南アフリカ	スウェーデン	アメリカ	
																針入度 分類	粘度 分類
針入度 (25℃)	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	●
軟化点 (R&B)	○	○●	○●		○●	○●	○●	○●	○●	○●	○	○●	○	○●	○●	○	
伸度 (5 cm/分)	○	○●	○	○●	○●	○	○●	●		○●		○●	○	○●	○	○●	
粘度 (60℃, 135℃)	●	●	●	●		●							●		●		●
フラス脆化点		○●	○		○●	○		●		○●			○		○●		
針入度指数		○	○								●						
蒸発減量試験	○	○●	○	○	○	○	○●	○	○●	○●	○	○●	○	○	○●	○	
残留針入度	○	○●	○	○	○		○●		○●	○●		○	○	○		○	
軟化点上昇					○	○				●			○		○		
伸度					○	○							○		○●		
60℃粘度比															●		
フラス脆化点					○	○				○			○		○●		
針入度比												●					
薄膜加熱試験	●			●	●	●		●			●	●	●	●		●	●
残留針入度				●	●			●			●	●		●		●	
軟化点上昇					●			●									
伸度	●				●	●		●					●	●		●	●
60℃粘度比	●			●		●							●				●
フラス脆化点					●	●		●					●				
針入度指数											●						
溶解性	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	●
灰分		○		○				●	○				○		○	○	
パラフィン含量		○			○●	○	○●	●		○●			○				
アスファテン含量								○									
比重 (25℃/25℃)	○	○●	○●		○	○●	○●	○●		●	●	●	○	○	○●	○	
引火点	○●	○		○●		●	○●	●			○●	○●	●		●	○●	●
スポットテスト				●										●		●	●
イオウ含量		○															

凡例 ○●: 1960年に品質規格が定められていた項目
●: 1983年

Q 8

ストアスや改質アスファルトなどアスファルトバインダーの種類が最近増えていますがこれらの品質の違いを明らかにするためには、どのような試験や評価方法がありますか。
最近話題になっている高粘度アスファルトなども含めて、アスファルトの性状を同一の手順で評価できるような方法があるのでしょうか。

舗装材料の性能については、わだち掘れやひび割れなどの損傷に対する抵抗性(物理的な機能性といえる)、および長期間の材料劣化への耐久性(化学的な耐

久性といえる)の二つにわけて考えることができ、それぞれ次の支配条件があると考えられます。

物理的機能性試験の支配条件

{ 作用応力
 载荷速度
 最大歪量
 化学的耐久性試験の支配条件

{ 温度履歴
 水浸時間
 紫外線量

性能を評価するためには、舗装材料が供用現場においてさらされる外的因子に、これらの条件を一致させて試験を行うことが適切な評価法となります。このためには、現場における荷重条件や環境条件を適切に評価することが前提となり、その応力状態や劣化環境を室内における所要性能の評価法として再現するような試験条件の設定が必要です。

アスファルトは粘弾性物質であるため、速い外力には強い変形抵抗をもつが長時間では自重でも変形するなど、载荷速度や歪量によって力学挙動に大きな差があります。特に改質アスファルトは、網目状に分散している改質添加材が変形によって一方向に配向することにより引張強度を発現するため、タフネステナシティーの試験チャートにみられるように、変形量によって発生荷重値が大きく異なります。これらの測定条件の設定が供用条件と一致しているかどうか材料の性能評価に非常に重要な要件となります。

アスファルトバインダーの材料評価としては、JIS規格や道路試験法便覧に規定されている方法を中心に、表-1左欄の試験が行われています。この試験方法のうちストレートアスファルトと改質アスファルトでは、軟化点、60℃粘度、タフネステナシティー、フラース脆化点などの試験結果について大きな違いがみられ、改質アスファルトの材料特性を評価する指標となっています。これらの指標項目はバインダーに非常に大きな変形が生じる試験法が多いといえ、材料規格における規定値の設定にも利用されています。排水性舗装用の高粘度アスファルトなどでは、タフネステナシティーや60℃粘度試験において、試験法の意図する評価がなされていない、あるいは非線形性により正確な特性値が得られていないなど、評価方法の適用について検討が行われています。

粘弾性試験機器による性状評価法は、経験的な手法の多い従来の方法に比して応力や歪の試験値や速度の条件設定が正確かつ制御容易なため、改質アスファルトを含めた舗装用バインダーの性能評価に適用する試みがなされております。(表-1右欄)。最近では、供

表-1 バインダーの材料性状と試験方法

材料性状		現在規格化されている試験法	新しく試みられている評価方法
物理的性状	コンシス	針入度	レオメーターによる測定
	テンシー	軟化点	
	粘性	60℃絶対粘度	
		高温動粘度	回転粘度計
	弾性	タフネステナシティー	直接引張試験
	延性	伸度	
	脆性	フラース脆化点	3点曲げ試験
	密度	密度	
	安全性	引火点(COC)	
	純度	溶剤可溶分	
化学的性状	組成	4成分組成	ゲルクロマトグラフィー
	分子構造	SBRの定量(IR法)	赤外吸光分析 核磁気共鳴
劣化試験		薄膜加熱 回転薄膜加熱	加圧促進試験 紫外線試験
その他			疲労試験

用性状と関連づけて材料の種類にとらわれずに所要性能の評価を行うため、SHRP計画等において従来のものに代わる試験法の検討が数多く行われています。

材料の化学組成等の評価については、これまでは供用性状との関係があまり明確にされていなかったため、また分析技術上の問題からも、研究レベルあるいは品質管理的なもの以外には舗装材料の評価方法として確立されにくい状況にありました。材料劣化の試験としては、混合時の熱劣化や酸化劣化が検討され薄膜加熱試験などとして試験方法が規定されていますが、供用中の劣化を追跡するための評価方法はほとんどなく、試験舗装等の長期間を要する手法に頼っているのが現状です。

最近になって、加圧酸化や紫外線試験などの劣化手法、赤外吸光分析や核磁気共鳴分析などの化学分析から得られる知見、疲労試験をもとに様々な検討が行われており、供用性状と関連づけられるような材料の評価手法が、研究課題として実施されています。

現場における供用条件を基準として、試験条件等について工学的に一環した評価法によれば、同じ評価法で改質アスファルトを含めた種々の材料の評価を行うことが充分可能であると考えられます。この一つの例がアメリカなどで議論されているパフォーマンスベースのバインダー仕様であると言えます。

(佐々木 徹 建設省土木研究所)

SHRP計画は、93年3月に5ヶ年の契約期間が終わる予定であり、その成果も順次公表されています。SHRP計画の最も大きな成果の一つとして、供用性に基いたアスファルト及びアスファルト混合物の新しい仕様、すなわちSUPERPAVE(Superior Performance Pavement)の提案があります。最近のFOCUS(SHRP機関紙)92年8月号上で、バインダーの仕様(7G次案)が公表されました。これは、表-1に示すように使用される地域における舗装体の最高温度と最低温度により、パフォーマンスグレード(PG)というものを設定し、このPGにより、試験温度を設定するものです。

7G次案では、従来よりアスファルト舗装分野で行われてきた針入度試験や軟化点試験といった試験は全く無くなっており、ダイナミックシェアー試験、ベンディングビーム試験、ダイレクトテンション試験、高温回転粘度試験を用いることになっています。あわせて加圧促進酸化劣化(PAV)という手法の劣化試験が取り入れられたのも特徴です。このPAVは、90~110℃、20.7MPaという高温高压状態でアスファルトを20時間酸化させる試験であり、この劣化試験により5~10年後の劣化を再現できるといわれています。これらのバインダー試験機の販売はすでに開始されており、日本

表-1 アスファルトバインダー仕様(SHRP第7G次案)

パフォーマンスグレード (PG)	PG 1－		PG 2－					PG 3－					PG 4－	
	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
7日間平均 最高舗装温度 (℃)	<45		<55					<65					<75	
最低舗装供用温度 (℃)	>-30	>-40	>0	>-10	>-20	>-30	>-40	>0	>-10	>-20	>-30	>-40	>0	>-10
原アスファルト														
引火点 min (℃)	230													
高温粘度 max 2 Pa・S 測定温度 (℃)	165													
ダイナミックシェアー min 1.0kPa 測定温度 (℃) (条件: 10rad/s)	45		55					65					75	
RTFOT アスファルト														
質量損失 (%)	1.00													
ダイナミックシェアー min 2.0kPa 測定温度 (℃) (条件: 10rad/s)	45		55					65					75	
RTFOT+PAV アスファルト														
PAV 劣化温度 (℃)	90		100					100					110	
ダイナミックシェアー min 3000kPa 測定温度 (℃) (条件: 10rad/s)	10	5	30	25	20	15	10	35	30	25	20	15	40	35
クリープスティフネス S max 2×10 ⁹ kPa m値 min 0.35 測定温度 (℃) (条件: 60 s)	-20	-30	10	0	-10	-20	-30	10	0	-10	-20	-30	10	0
ダイレクトテンション min 1.0 % 測定温度 (℃) (条件: 1.0mm/min)	-20	-30	10	0	-10	-20	-30	10	0	-10	-20	-30	10	0

RTFOT: 回転薄膜加熱試験, PAV: 加圧促進酸化劣化試験

でも購入可能となっています。現在、土木研究所でも購入手続きを進めているところです。

一方、LTPP(Long Term Pavement Performance)分野では、92年7月にSPS-9Pとして初めての試験舗装がウィスコンシン州などで実施されました。このLTPPは、GPS (General Pavement Study), SPS (Special Pavement Study) に大別されますが、このSPS-9では、(1) SUPERPAVEによるアスファルトバインダーとアスファルト混合物の仕様の確認、(2) SUPERPAVEによる供用性予測モデルのリファイン、(3)SHRP混合設計と従来型混合設計の比較、(4) SMA (Stone Matrix Asphalt) のような新しいアスファルト舗装の試験評価の機会の提供、を目的としています。このSPS-

9P (Pilot) は、92年中に4つの州で行われる予定となっています。

ところで、土木研究所では、92年11末～12月初めに米国連邦道路局との初のワークショップが開催され、道路行政、舗装、道路橋、トンネル・地震・地盤工学、IVHS・道路交通安全、道路環境について分科会が設けられ討論が行われました。この中の舗装分科会では、LTPP、混合物配合設計、アスファルト材料について日本と米国との現状を紹介しあったが、今後政府間レベルで舗装材料に関する情報などを提供しあうことになっており、今後SHRPの成果などもより容易にアクセスできるようになることが期待されます。

(新田弘之 建設省土木研究所)

Q10

SHRPの提案するアスファルト仕様には、現段階では物理性状のみが規定されているようですが、アスファルトの化学組成や分析が重要であると思いますが、なぜ盛り込まれていないのでしょうか。

御承知のようにSHRPでは、アスファルトの化学的、物理的性状がどのように耐久性と関連しているのかわかるにすること、そして究極的にはアスファルトとアスファルト・骨材構造に対する耐久性を重視した規格を開発することをアスファルト研究の目的としています。

このため、アスファルトの性状に限っても、表-1のような研究が進められてきました。

表-1 アスファルト研究計画サブテーマの内容

(1) アスファルトの性状	
1-1	アスファルトの化学的な組成
1-2	アスファルトの物理性状
1-3	化学的組成と物理性状の関係
1-4	化学的、物理的性状と舗装の供用性関係
1-5	粘着性や吸水性を含めたアスファルト骨材間の相互作用の基本的性状
1-6	現在のアスファルト精製工程の調査
1-7	アスファルトの改良、改質

このテーマの連係から、耐久性に関するアスファルトのレオロジカルな性状を中心に、有機化学と物理化学とを連結し、舗装に関する工学的性質とリンクされることができると期待されています(図-1)。

化学組成と分子結合(分子内結合あるいは分子間結合)、活性化エネルギー、電気的性質がアスファルトの性状に大きく寄与することを前提としていますが、これらの因子は、これまでの分析技術では定量的に把握

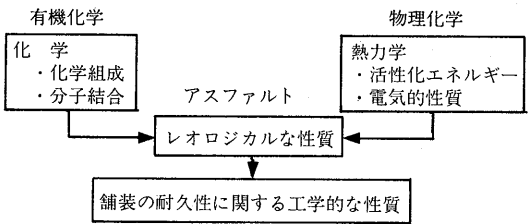


図-1 耐久性に関するレオロジカルな性質と有機化学と物理化学との連繋

することが難しかった内容です。今回の分析で用いられている測定技術は、信頼性の高い分析テクニックであるNMR, GPC(HPLC), FTIRなどです。(表-2)

表-2 アスファルトの分析技術

分析技術		分析内容
NMR	核磁気共鳴	アスファルトの分子構造の大きさと分子の配列を知る。
GPC	ゲルクロマトグラフ	アスファルト成分を迅速に分離(分取)し、組成の分析を容易とする。
FTIR	フーリエ赤外吸収	分取した成分の組成や官能基群を知る。

これらはいずれも、化学構造や化学組成を知る上ではオーソドックスな分析手法ですが、アスファルトの分野ではいずれも、最近まで本格的に導入されてはなかったものです。

これらの分析技術を用いることで、はじめてアスフ

ァルト分子中の官能基群の大きさや性質を定量的に把握することができるようになりました。

SHRPが提案する新しいアスファルトモデル (DPFモデル) によれば、アスファルトは非極性あるいは極性の弱い分子間に連続性のある3次元の形状を示す極性分子からなり、アスファルトの粘弾性状は、荷重や温度によるストレスは極性分子間の結合破壊と解釈されます。

アスファルトの中にあるこの極性を有する官能基群が、アスファルトの化学的性質と物理的性質を規定しています。すなわち、これらの極性官能基は、耐久性を規定していることとなります。なぜなら、アスファルト分子がお互いにどのようにくっついているか、どのようなネットワークを作っているかを極性官能基が決めるからです。そして、アスファルトの耐久性は、ネットワークの結合点の数と強さで決まると考えてよいからです。

このように考えれば、アスファルトの仕様も他の化学物質と同様、化学組成や性状をもとにして決めればよいように思われますが、現在のところ、このようなアスファルト自体の化学的性質(組成)は、SHRPバイ

ンダーの仕様には直接には取り入れられていません。とはいえ仕様の根幹をなすアスファルト物性は、アスファルトバインダーの化学的性状そのものであり、組成のちがいが物性に直接反映している証しです。

直接化学組成などが取り入れられなかった理由はおそらく、組成を分析する装置がレオメーターなど物性測定機器に較べてはるかに高いこと(たとえばNMRは1台3千万円する!), 仕様を取り扱うのが土木技術者であること(分析結果を工学的に評価しにくい)などの点でしょう。

化学組成に関心を持ち、このような分析技術を駆使するのは、より優れた性能を得るための材料開発の立場からでしょう。ブレンドやモディフィケーションのために、品質を向上させる材料の効果的な開発のためには、これらの組成に対する理解と分析技術は極めて優れた武器となります。

(片脇 清士 建設省土木研究所)

参考文献: アスファルト化学への新しいアプローチ
—米国ではいま何を研究しているか—
アスファルト vol.34 (170) (1992年)

Q11

アスファルトのポリマーとの相溶性(組成各成分との係わり合い) またアスファルト乳剤(カットバックを含む)の有害物質の溶出は考えなくてもよいのでしょうか。

ご質問は2つに分けられると思います。

第1はアスファルトとポリマーの相溶性がリサイクルにどのような影響があるのかということであり、第2はリサイクルに使用されるアスファルト乳剤(またはカットバックアスファルト)が、環境に対して影響があるかどうかということと思われます。

まず第1のアスファルトとポリマーの相溶性がリサイクルに及ぼす影響についてお答えします。

我が国において交通量増大及び車両の大型化により、各地でわだち掘れが問題となっており、その対策の1つとしてアスファルトにポリマーを添加した改質アスファルトが使用され、その量は毎年かなりの割合で延びております。一方資源の有効活用という見地から、現地発生材の再利用が盛んになっており、改質アスファルトを使用したアスファルト混合物の再利用も、これから増えてくるものと思われます。

アスファルト混合物を再利用する方法として、常温で再生路盤の一部として使用する方法と、路上表層再生工法や混合所で表層・基層用再生混合物として加熱

して使用する方法があますが、ご質問はこの加熱して使用する場合であると思います。

改質アスファルト混合物を加熱再生するとき考えられる問題点は、

(1) アスファルト中に含まれるポリマーが分解または縮合することにより、物性が著しく変化することはないか。

(2) 改質アスファルト混合物と通常のアスファルト混合物を混合したとき、安定した品質の混合物が出来るのかどうか

の2点であると思います。

(1)の点については、現在日本改質アスファルト協会で検討中であると聞いております。

(2)の点についてですが、ポリマーは再度の加熱混合によっても、ほとんど変質しないという仮定でお話ししたいと思います。

アスファルトはマルテンの中にアスファルテンが分散している複合系であるといわれています。マルテン自身も多く物質が混合して出来ているもので、原油

や製造法によりその内容は変わってきます。
 実際同一規格のアスファルトに同一種類のポリマーを同一量混合した場合でも、その物性（例えば60℃粘度）は大きく相違する場合があります。

しかし現在は混合所における再生加熱混合物を製造する場合、改質アスファルト混合物の割合が少ないという理由で、普通の石油アスファルト混合物として取り扱っています。

また路上表層再生工法の場合も、改質アスファルト舗装を特別に区別しないで、普通のアスファルト舗装と同様な取り扱いをしています。

しかし今後改質アスファルトの使用が増えてくれば、リサイクルするにあたってアスファルトとポリマーの相溶性についても、検討しなければならなくなってくるものと思われます。

次に第2の件ですが、まずアスファルト乳剤を路上再生路盤工法に使用する場合を考えてみましょう。

使用されているアスファルト乳剤(MN-1)は、アスファルト約60%、乳化液40%より構成され、乳化剤

はノニオン性乳化剤を使用しております。このノニオン性乳化剤は、ポリオキシアルキルエーテルであり、化粧品や食品及び医薬品にも使用されています。乳化剤の経口毒性は、LD50：15,000mg/kg以上、魚毒性(コイ)：がTLm：5,000以上で実際上毒性のないものであり、また乳剤中の含有量も数%以下です。

またアスファルトは、加熱分解させなければ毒性はなく、水への溶出もないため長い間グムのフェーシングや水道管のライニングなどに使用されています。

従ってアスファルト乳剤を路上再生路盤工法に使用した場合、雨水により極く少量の乳化剤が溶出する可能性はありますが、有害物の溶出は考えられません。

次にカットバックアスファルトですが、これに使用されている乳剤は、アスファルトを溶解するものであり、逆に水に対しては溶出しないので、水への溶出はないと思われます。しかし大気中への蒸発は考えられ、実際米国では大気汚染を防止する意味から、カットバックアスファルトの使用量は減少しております。

(植村 正 東亜道路工業㈱技術研究所)

Q12 排水性舗装の骨材の品質規格について教えてください。

排水性舗装の持つ排水及び吸音機能に対する耐久性と機能の保持に与える大きな要因として、骨材とバインダー材があります。欧米の骨材について、ヨーロッパは一般に硬いものが多いようですが、それでも良質な骨材が得られない場所では表層材などは遠くから運搬する例もあります。一方、アメリカの骨材は玄武岩、花崗岩、石灰岩等州によって様々ですが良質な骨材は少ないようであり、厚さ20mm以下の開粒度摩擦層(OGFC)として使用するアメリカ型の排水性舗装は、粗骨材の性状がそのまま路面のすべり抵抗に関係する

ため粗骨材の選定は非常に重要であり、薄層にできるだけ良質な骨材を吟味して使用しているようです。

以下に欧米の排水性舗装の骨材の品質規定を行っている国の例と日本で行った骨材性状と排水・すりへり特性試験及び高速道路での骨材の使用実態について紹介します。

1) 欧米の品質規格

欧米の排水性舗装の骨材の品質規格と日本の表層材の規定及び混合物となったカンタプロ減量を表-1に示します。

表-1 欧米の排水性舗装用粗骨材の規定

	排水性舗装用					表層用
	スペイン	イギリス	イタリア	オーストリア	アメリカ, FHWA	日本
すりへり量 (%)	20以下		18以下	20以下	40以下	30以下
摩減量 (PSV) (%)	40~45以上				35~45以上	
偏平率 (%)	25以下	25以下			40以下	10以下 ¹⁾ 25以下 ²⁾
カンタプロ減量 (%)	25以下					
破 碎 面 数					二つ (一つ) の破砕面を持つもの75 (90) %以上	
1) : 舗装要綱 (厚さ長さ比5倍) 2) : 日本道路公団 (〃 3倍) 細長・偏平量						

偏平について日本が碎石の長さ（長径，短径）と厚さに対し細長・偏平の含有量で表しているのに対し，イギリスの場合，細長と偏平を分けて規定しています。詳しくはBS 812によりますが，偏平測定器の厚さゲージ計に碎石を通して試験し，幅と厚さのゲージ寸法の比は，19（通過）～13.2mm（残留）で5.2倍，13.2～9.5mmで5.6倍，9.5～6.7mmでは5.2倍となっております。なお，このゲージの寸法は「JIS Z 8801標準ふるい」の規定にあわせたものになっており，BSの規定とは若干異なります。参考までに，同国の碎石の区分は（50～37.5mm，37.5～28，28～20），20～14，14～10，10～6.3，6.3～3.35，3.35～1.7，1.7～0と細かく分級されています。従って，この点からも排水性舗装の粒度配合が組み易くなります。

イタリアの偏平の規定の記述がありませんが，すりへり量は18%以下と厳しい値の規定を行っています。

なお，細骨材については通常の規定が用いられ，特に目新しい規定はないようです。また，アメリカの骨材の品質規定については表－1にも示しましたように形状（破断面数），すり減り量等があり，総じて緩やかなようですが，剥離について，ボイリングテストを行う等混合物としての規定は厳しいようです。

2) 骨材性状と排水・すりへり特性試験

(1) 硬質骨材との比較試験

輸入骨材の硬質骨材（シリマナイト）を加え，骨材の硬さの影響についてロスアンゼルスすり減

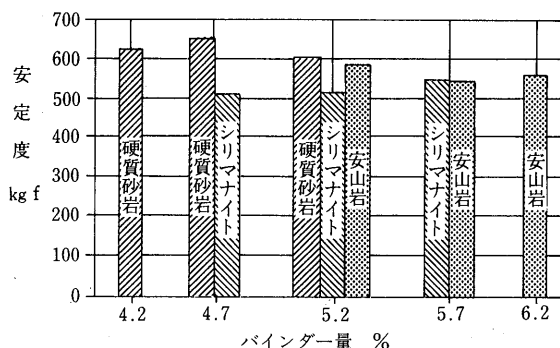
表－2 硬質骨材との比較試験の性状

		硬質砂岩	シリマナイト	安山岩	摘要
粗骨材	比重	2.62	3.34	2.65	
	吸水量 (%)	0.9	0.2	2.1	
	すりへり量 (%)	15.5	9.8	22.6	
	細長・偏平量 (%)	1.1	1.7	0.8	
	実績率 (%)	57.4	53.8	57.6	
混合物	空隙率	22.9	21.4	21.7	
	バインダー量	4.7	5.2	5.7	カンタプロによる
	カンタプロ損失量 (%)	7.0	4.7	4.3	
	促進摩耗量 (mm ²) チェーン (スパイク)	1,090 (366)	486 (250)	793 (394)	
	①トラバース前透水量(cc/15sec)	1,410	1,396	1,407	
	②トラバース後透水量(cc/15sec)	1,306	1,231	1,267	
合物	透水量低下率 ②/① (%)	92.6	88.2	90.0	

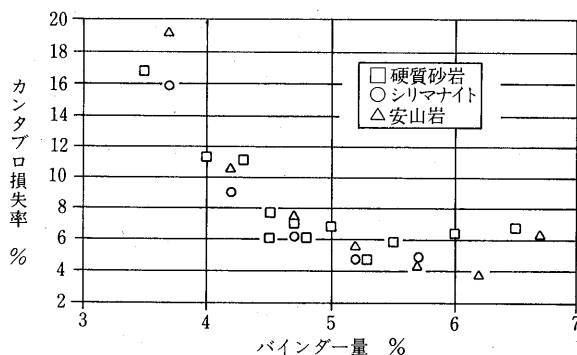
り量を指標に表－2に示す3種類の骨材で試験を実施しました。その結果は，

① マーシャル安定度，カンタプロ試験

図－1，2に示すように両者とも骨材の違いによる差は見られませんでした。特にカンタプロ試験の損失率は，バインダー材の結合力（グリップ）に依存しているためと考えられます。なお，カンタプロ試験から求めた最適バインダー量及び損失量は，表－2に示すようにバインダー量の多い順に損失量は小さくなっています。



図－1 骨材の種類と安定度の関係〔JH試験研究所（H3年度）〕



図－2 骨材の種類とカンタプロ損失率の関係〔JH試験研究所（H3年度）〕

② 摩耗試験

図－3に示す促進摩耗試験（試験条件：Q14，表－1）による摩耗量の差は，スパイク6時間後で大差はなく，更にチェーン2時間後ではすり減り量の一番少ないシリマナイトが最も小さな値を示していますが，すり減り量16，23%の砂岩，安山岩の摩耗量は大きな差がなく，むしろ後者の方が小さくなっております。これは，混合物の空隙率とバインダー量の差が骨材の硬さより大きく影響していることが考えられます。本

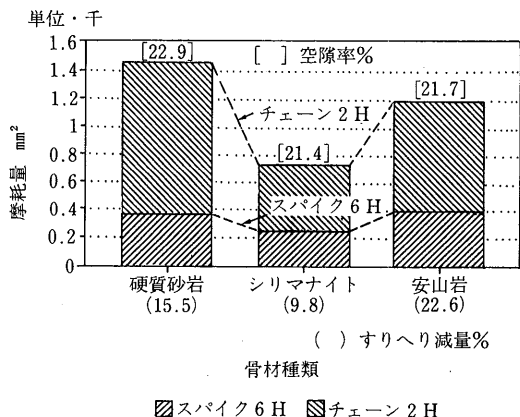


図-3 骨材と摩耗量（促進摩耗試験）の関係
〔JH試験研究所（H3年度）〕

試験結果から摩耗に関しては、すり減り量10以下のものの有効性は伺われますが、23%以上の試験結果がなくこれ以上については言及できませんが、少なくとも25%程度までの骨材であれば大差は生じないことが試験結果から言えます。

なお、図-4に示すようにバインダーの種類により摩耗量に差があります。

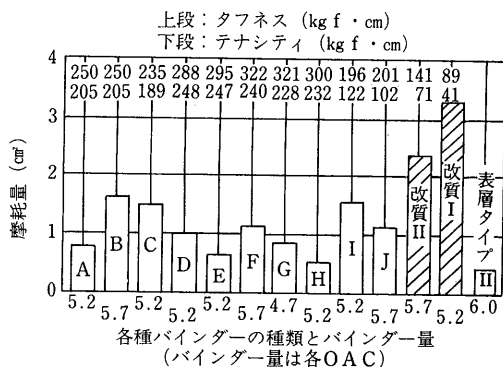


図-4 各種バインダー種類と摩耗量の関係
〔JH試験研究所（H3年度）〕

③透水能力

ホイールトラッキング試験機のトラバース前後の透水能力を表したのが図-5です。この図か

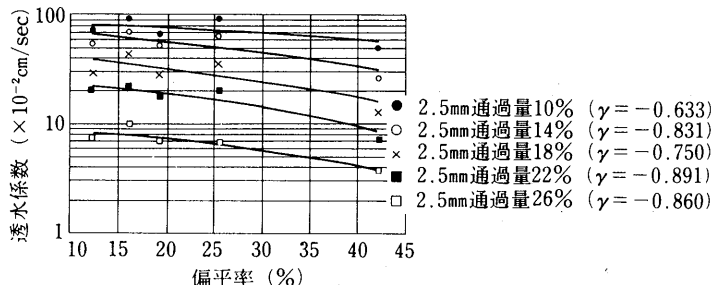


図-6 粗骨材偏平率と透水係数

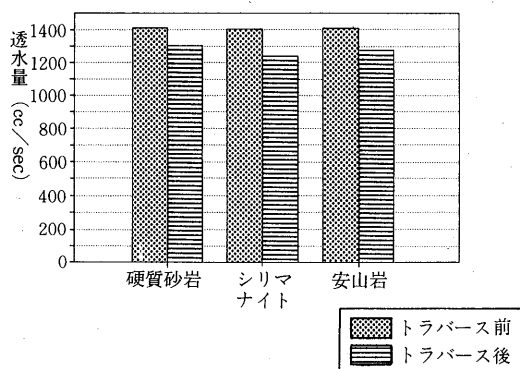


図-5 骨材種と排水能力の関係
〔JH試験研究所（H3年度）〕

ら透水能力は当然のことながら空隙率が影響しております。表-2からトラバース後の透水低下率は初期空隙率が高く骨材の硬い順となっております。硬さの影響ばかりとは言えません。なお、細長・偏平量は全骨材とも非常に小さな値です。

(2) 粗骨材のすりへり減量とカンタブロ損失量⁵⁾

図-6はすりへり減量の異なる粗骨材（13-5 mm）のすりへり減量とカンタブロ損失量について示してあります。両者の間には相関は認められません。この中で損失量の大きい配合の試験後の損失粒子は粗骨材の離脱が約75%、割れと摩耗が25%となっております。

即ち、すりへり量18%以下の条件での試験になっていますが、前項(1)同様骨材の硬さより粒子間の付着の影響が大きく、その他形状、かみ合せ状態によって異なると考えられます。

(3) 粗骨材の偏平率と透水係数⁶⁾

図-7は粗骨材（13-5 mm）の偏平率と透水係数の関係を表わしております。各配合とも粗骨材

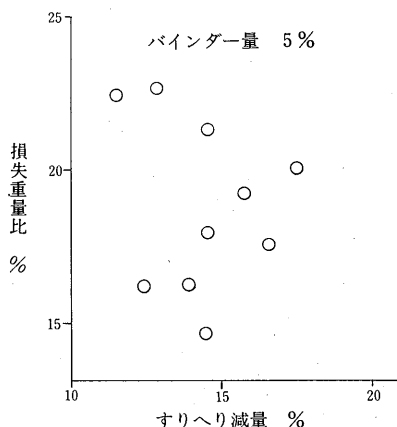


図-7 粗骨材すりへり減量と損失量

の偏平率が大きいほど透水係数は低下する傾向にあります。これは粗骨材が偏平である程生じる空けきが複雑に入り込み透水の経路が長くなることなどが考えられます。

3) 高速道路での骨材の使用実態

平成3年度までの高速道路における排水性舗装の施工実績は、積雪寒冷地から一般地域に亘り約11万㎡となっており、これらに使用された骨材の品質はすべてのデータではありませんが細長・偏平量は1.1~19.5(平均6.7), すりへり減量が12.5~19.1(平均14.0)となっております。このうち一例として, すり減り量が14%と小さいものでも細長・偏平量が19.5%の骨材は転圧により割れが生じております。また, 排水性舗装の機能に大きな影響を与えるものに連続空隙率の確保があります。連続空隙率を大きくするには, 粗骨材の粒径を大きくし, 碎石の分級範囲を狭めた単粒化〔前項(1)のイギリスの碎石の例〕することも必要です。偏平な骨材の使用はこの連続空隙率の確保を難し, 骨材の割れや角欠けが生じ易くなります。

以上排水性舗装の骨材の品質に関する欧米の規定と硬質骨材との比較試験, 試験施工における骨材の使用実績について紹介しましたが, 日本での骨材の規定化は各機関, 各地域での試験施工結果に基づき今後検討

されるものと思われます。

4) 骨材の輸入実績

排水性舗装用として国外からの輸入実績はないようですが, 上記南アフリカ産のシリマナイトの硬質骨材は積雪寒冷地のトンネル内の半たわみ性舗装の摩耗対策の試験施工として使用した実績はあります。

(鶴窪 廣洋 日本道路公団試験研究所)

- 参考文献: 1) 排水性舗装に関する欧州調査報告書, (財)高速道路調査会・舗装研究委員会 欧州道路調査団, 1991.3
- 2) 排水性舗装に関する米国調査報告書, (財)高速道路調査会・舗装研究委員会 米国道路調査団, 1992.3
- 3) 舗装試験法便覧, (社)日本道路協会, 1988.3
- 4) 排水性舗装に関する試験(その2) 報告書, 日本道路公団, 1992.1
- 5) 原・帆莉・高橋: 開粒アスコンの評価試験方法に関する一検討, 土木学会第45回年次学術講演会, 1990.9
- 6) 久保: 排水性舗装の骨材形状と最適膜厚さ, 舗装27-8, 1992.8

Q13

細長, 偏平の含有量をもっと厳格にするべきと考えますがいかがでしょうか。

舗装に対し, 耐流動対策と排水性舗装の確立は急務となっておりますが, いずれも良質な骨材の使用が必要です。

(1) 細長・偏平量

骨材はその質(比重, 吸水量, すり減り減量など)と形状(細長・偏平量)に左右されます。耐流動混合物に関し, その指標となるホイールトラッキング試験機による動的安定度(DS)は, アスファルトの針入度とアスファルト量に影響されます。このアスファルト量に寄与する骨材の要因として吸水量の少ない良好な粒径の骨材を使用することが有効です。細長・偏平量が多いと舗設時の転圧で割れが生じ有害となりますので, 骨材の細長・偏平量の管理は重要です。岩質によっては碎石プラントにおいて偏平に割れ易い岩質のものもあり, その対策としてインパクトクラッシャーの周速を変えるなどすると, より高品質な碎石になります。細長・偏平量に限らず, 搬入された碎石に土砂分が付着していたり, 軟石が目立つような場合碎石プラ

ントに行き, 切羽を見て表土処理は十分か, 良好な切羽・形状になるよう指導することは言うまでもありません。

(2) 高速道路に使用された骨材の実態

平成2年度の全国の建設及び管理の補修工事に使用された骨材の質と形状の実態は, 図-1~6のとおりです。

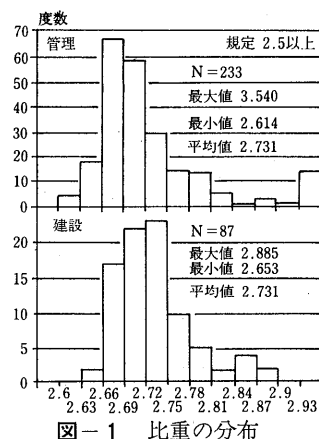


図-1 比重の分布

全般的に規定値の下限値にありますが、搬入された
碎石の中には、試験値のイメージに合わないものもあり、
サンプリング法や切羽の変動に応じた試験が必要
です。ご意見の細長・偏平量（厚さ長さの比3倍）は
平均5程度と小さく、規定値を例えば10以下に下げても
対応できる地域はこの図から約85%は入ることにな

りますが、現在の規定値は全国各種の岩質の有効利用
を図る上で一般的には特に有害とならない範囲であり、
良質な岩種の産出するプラントでは舗装の使用工種を
考慮し、指導・改善により良質な碎石となるように努
める必要があると思います。

(鶴窪)

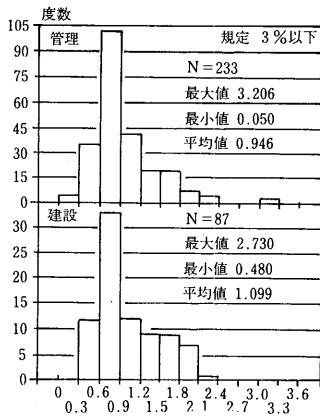


図-2 吸水量の分布

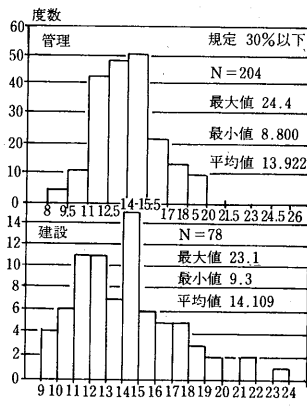


図-3 すりへり量の分布

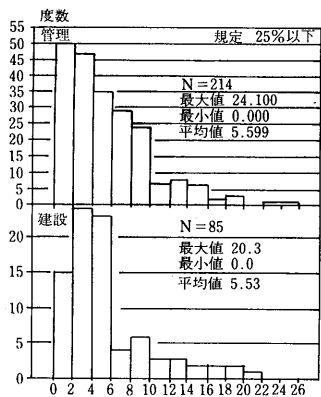


図-4 細長・偏平量の分布

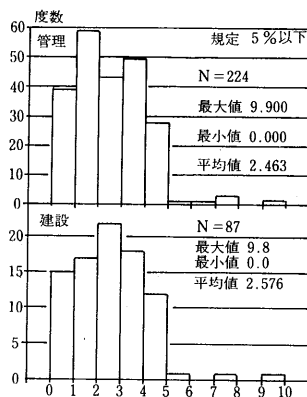


図-5 軟石量の分布

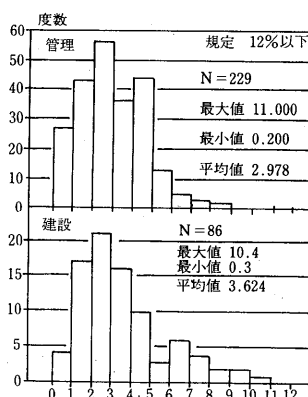


図-6 安定性の分布

Q14 アスファルト混合物のラベリング試験の種類と相互の関係及び実際の道路における摩耗の評価はどの
試験が適当なのでしょう。

表層用混合物の耐摩耗性を評
価し、配合設計、骨材の選定の
基準とする試験法として、舗装
試験法便覧（道路協会）にラベ
リング試験方法が記載されてお
ります。試験の種類としては往
復チェーン型(図-1)、回転チ
ェーン型及び回転スパイク型が
あります。試験法は同便覧によ

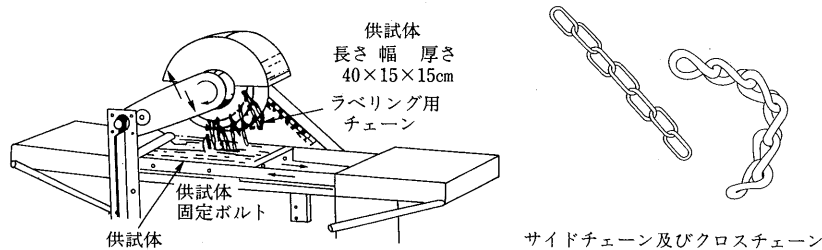


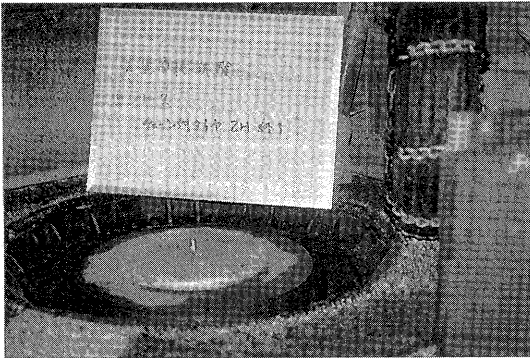
図-1 ラベリング試験機(往復チェーン型)

りますが、これ以外に日本道路公団では上記回転チェーン及びスパイクタイヤ型に類似した両者を同時に行う促進摩耗試験と実際の道路における摩耗の関係を室内でシミュレートする回転式舗装試験を行っております。これらの概要と相互の関係について以下に紹介します。

1) 促進摩耗試験及び回転式舗装試験の概要

(1) 促進摩耗試験

本試験は（試験機：写真－1）タイヤ輪と盤とのスリップによって供試体を摩耗させる試験で、英国道路研究所の試験基準（Road Research Technical Paper No.43）に準じた機能を備えたものです。試験条件及び供試体寸法・配置はそれぞれ表－1，図－2のとおりです。なお，ラベリング試験（往復チェーン型）の試験も比較試験条件を行っておりますので表－2に示します。



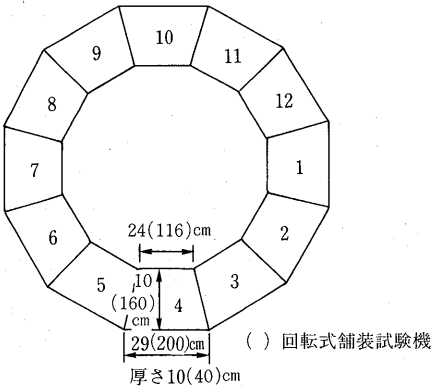
写真－1 促進摩耗試験機

表－1 促進摩耗試験条件

項 目		プレロード	スパイク走行試験	チェーン走行試験
タイヤの種類		ノーマルタイヤ	スパイクタイヤ	チェーン付タイヤ
輪荷重		100Kgf	100Kgf	100Kgf
空気圧		1.8Kgf/cm ²	1.8Kgf/cm ²	1.8Kgf/cm ²
速度	回転盤	15km/h	20km/h	20km/h
	タイヤ	15km/h	25km/h	25km/h
シフト幅		±30mm	±30mm	±30mm
路面状態		乾燥	湿潤	湿潤
試験温度		常温	0℃	0℃
試験時間		30分	0.1,2,4,6hr	0.5,1,2hr
摩耗量の測定		超音波センサーによる測定：3断面		

(2) 回転式舗装試験

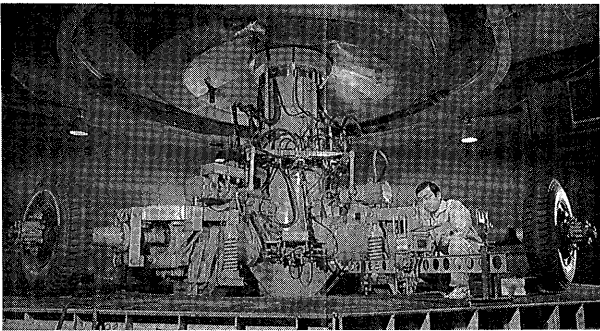
本試験（試験機：写真－2）は実際の交通条件・気象条件に類似した作用を与え，時間を大幅に短縮して舗装材料の耐久性の評価及び道路構造の検



図－2 促進摩耗及び回転式舗装試験用供試体・寸法配置図

表－2 ラベリング試験条件（往復チェーン型）

項 目	条 件
試 験 時 間	90 (分)
試 験 温 度	-10±1 (℃)
養 生 時 間	4 (hr)
チェ ー ン の 種 類	クロスチェーン
チェ ー ン 材 質	JIS G 3055 SWRM3
チェーン及び車輪数量	10こま×12本×1輪
車 輪 回 転 数	200 (回/min)
供 試 体 往 復 速 度	66 (往復/min)
チェーン取付ボルトと供試体上面の間隔	10 (cm)
すり減り量測定方法	凹凸測定機



写真－2 回転式舗装試験機

討を行うことができます。試験条件及び供試体寸法・配置はそれぞれ表－3，図－2に示すとおりです。

2) 各試験の相互の関係

摩耗に対し，チェーンは打撃，スパイクはひっかき作用と機構が異なることと，試験数が少ないため画一的な相関とは言えませんが参考として紹介します。

表-3 回転式舗装試験走行条件

項目	内 軌 道	中 軌 道
試験目的	低温摩耗	低温摩耗
試験順序	2	1
タイヤ種類	チェーンタイヤ	スノースパイクタイヤ 10-20 14 PR マカロニタイプ
輪 重	1 ton	1 ton
空気圧	6.0kg/cm ²	6.0kg/cm ²
路面温度	0℃	0℃
路面状態	湿潤	湿潤
走行速度	40km/h	40km/h
走行トルク	30kg・m	30kg・m
走行中のシフト量	±20mm	±60mm
トーイン	0	0
キャンパー	0	0
回転半径	2,523mm	2,950mm
通過回数	6,000回	40,000回

(1) スパイク式とチェーン式

試験法便覧から引用した北海道開発局で行われた検討結果によりますと「同一骨材を用いたアスファルト混合物では、配合が異なっても両試験は高い相関を示すが、骨材が異なると両試験の間には相関はみられない(図-3)」とあります。

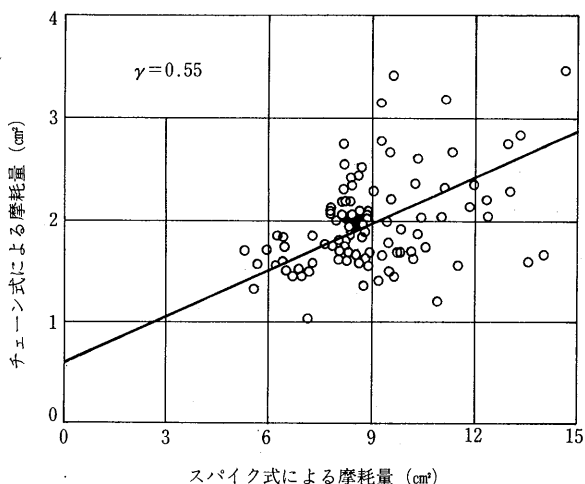


図-3 スパイク式とチェーン式による摩耗量

(2) ラベリング試験と促進摩耗試験

排水性舗装の硬質骨材との比較試験(混合物の試験条件: Q.12の表-2)を行った結果は図-4に示すとおりです。骨材の種類(硬さ)が異なっても、データは少ないですが、良好な関係になっています。なお、促進摩耗試験のみチェーンとスパイクのトータルの摩耗量との相関も高く出てい

ます。

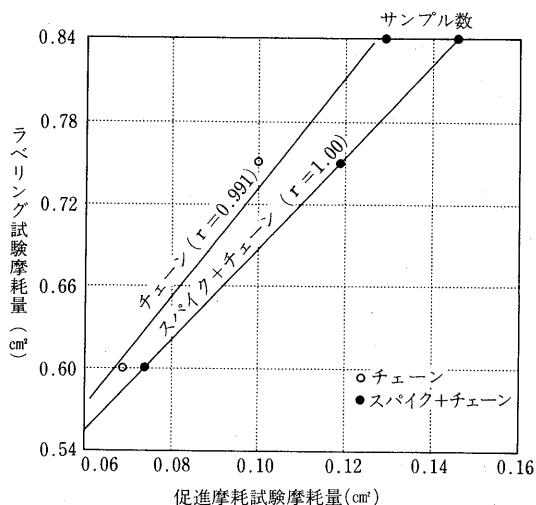


図-4 ラベリング試験と促進摩耗の関係

(3) 回転式舗装試験と促進摩耗試験

排水性舗装混合物(空隙率, 最大粒径, 繊維添加など変え)及び摩耗地域の混合物について行った両試験の結果を図-5に示します。回転式舗装試験機との関係はチェーンとラベリングはやや相関がありますがスパイクになりますとほとんど相関がない結果になっています。ご質問の実際の道路での摩耗は回転式舗装試験機の走行回数と摩耗の関係から車種毎にタイヤ, 荷重条件を変えて試験を行い, これらの条件によって摩耗量が異なることを把握しておりますので道路毎の車種, チェーン, スパイクの装着率, 走行台数が把握できると予測は可能と考えられます。以上, 摩耗に関する各種試験と相関について紹介しましたが, これ

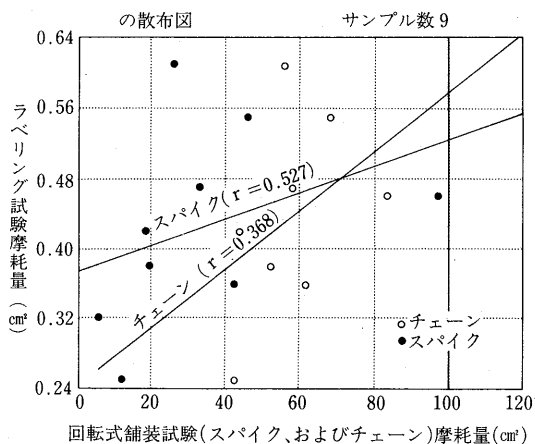


図-5 ラベリング試験と促進摩耗試験の関係

らの試験による耐摩耗混合物の要因（粗骨材の硬さ、最大粒径、粒度）の傾向は同じような結果となっておりますから現在においては、それぞれの試験は妥当と思われます。しかし、今後チェーン等が実路面に与える機構について検討の余地があると思われ、寒冷地の諸外国の試験法についても調査検討する必要があると思います。（鶴窪）

参考文献：1）排水性舗装に関する試験報告書，日本道路公団，1992.2

2）舗装試験法便覧，（社）日本道路協会，1988.3

Q15

吸水量の多い骨材を使用する場合、混合物へ与える影響と何か規定値はあるのでしょうか。また、一般のアスファルト混合物が水に対する破壊のメカニズムと評価法の研究はあるのでしょうか。

(1) 吸水量の高い骨材の混合物への影響

吸水量の高い骨材を使用したり、降雨後ストックヤードの骨材の含水比が高く、加熱混合しても骨材中の水分が取り除かれないため残留した水分は水蒸気の形で混合物中に残り、この混合物は軟かく、転圧中にブリージング現象等を起こすなど不安定なものとなります。混合物内部には、はくり現象を起こしていることが多く、供用後 夏期に流動するなど混合物の安定性、耐久性が著しく低下しますので注意が必要です。

混合物中の許容含水比はASTM D-1461の方法で測定できます。この規定値はわが国では今のところはっきりしたものではありませんが、アメリカのミシガン州では混合物の含水比を0.05%以下と規定しています。

プラントではホットビン内の加熱骨材の含水比と混合物中の含水比との相関が深いのでこの方法で管理するのも一つの方法でしょう。

(2) アスファルト混合物の水に対する損傷と評価

舗設後の混合物が水の影響を受けた時の損傷については、1987年からアメリカにおいて行われているSHRP計画でこの研究も行われ「水分感受性に関する報告書」

としていずれ紹介されると思いますので概要について述べます。

水による2つの損傷メカニズムは(a)アスファルト被膜の凝縮強度およびスティフネスの損失、(b)骨材とアスファルト間の接着力の破壊が挙げられSHRP計画では供用性の観点からアスコンの水抵抗力の定義と供用性を予測する室内試験方法を開発することにあるようです。その成果として、①評価法の現状を再調査した結果、従来行われている手法では評価しきれない、②通常のアスファルト混合物の水による損傷の主な要因としてある特定の空隙の存在がアスコンの水に関わる損傷が主因と仮定し、この仮定の評価がなされております。

（鶴窪）

参考文献：1）川島，山之口：アスファルト舗装の設計・施工上の問題点と対策，山海堂，1987.2

2）久保：SHRPの研究成果，舗装27-10，1992.10

Q16

骨材の供給の経済性、遠方まで運ぶケースについて教えて下さい。

気象、交通の過酷条件を直接受ける表層の材料選定は舗装の耐久性の向上に重要です。近年交通量の増大、車両の大型化・重量化とタイヤの高空気圧及び渋滞等が厳くなっている反面、骨材等の品質の低下が言われています。良質な骨材を求めるにしても、骨材の需要と供給が骨材単価を決定しています。例えば、その地区の近辺に多くの品質規定を辛うじて満足する低品質骨材が最も使用されている中で遠くて高品質の骨材があっても最多価格の市場原理で低骨材の単価に決まるのが一般的です。即ち、骨材に等級別の単価がなく、遠

方の良質の骨材の入手が困難になっている場合があります。これに対し、高速道路の新設道路において、特に、表層については、安定性、すべり抵抗性、耐久性等が得られるかの骨材調査を行い、適合した地区の単価を設定しています。耐久性とコストのバランスを図りながら、適正で良質な骨材の選定を行っています。一例としてその地区に良質な骨材が得られないため県外産のものを使用する例もあります。しかし、一般に新設では専用の仮設プラントで出荷できるのに対し、管理の段階になると定置プラントで一般の混合物用と同じ

骨材を使用する補修工事では、高品質の骨材を使用するにはストックヤードのスペースを確保できない所などでは困難が生じます。しかし、良質な骨材が得られない場合、管理においても県外産の良質な骨材を使用して施工した例はあります。表層にはできるだけ良質な骨材を使用することは舗装の耐久性の向上を図る上で重要です。補修回数に差があれば経済的で、工事による渋滞を少なくする上からも遠くの砕石が割り高でも良質な骨材の使用は一考に値すると思われます。ヨ

一ロッパの例でも、良質な骨材の得られない所では、表層材等約400kmの砕石場から貨車運搬している例が紹介されています。

なお、粗骨材のみでなく細骨材の品質も低下しているとも言われており、アスファルトモルタル分を構成する砂の品質、形状は耐流動混合物など耐久性を得るための重要な要因と考えられます。

(鶴窪)

Q17 骨材の枯渇、低品質化が言われていますが、改良方法また再生骨材について教えてください。

骨材の需要は表－1の通り、年々増加する傾向にあります。骨材の枯渇化が問題となっている我が国では、良質な舗装用骨材が少なくなり、入手は難しくなりつつあるのが現状です。従って、若干の規格外の地域産材料等は良質な骨材を混合したり、安定材あるいは添加剤等を使用し、室内試験または試験舗装等によって、所要の品質が得られた場合は経済性、供給量等を考慮し、積極的に使用するべきだと思います。

表－1 骨材需給の推移

単位：百万トン

種 別	年 度	1986	1987	1988	1989	1990
コンクリート用		485	515	543	551	604
道路・道床・その他用		262	272	284	311	345
合 計		749	787	827	862	949
砂 利		312	327	333	356	410
砕 石		422	445	482	491	526
人工軽量骨材		1	1	1	2	2
天然軽量骨材		3	3	0	0	0
スラグ・その他		11	10	10	12	10
輸 入		0	1		1	1
合 計		749	787	827	862	949

(注) 1. 通商産業省生活産業局窯業建設課推計による。
2. 砂利には砂利、砂、玉石、玉砕を含む。
3. 人工軽量骨材、天然軽量骨材は天然骨材に換算してある。
4. 輸入は、小石、砂利、砕石等を含む。

また、平成3年に「再生資源の促進に関する法律」が施行され、建設発生土、アスファルトコンクリート塊、コンクリート塊の再生資源利用の拡大が求められています。今後これらを使用する機会が増えると思われますので、具体的な利用例、研究等について紹介することとします。

1) 建設発生土関連

①「道路工事における掘削残土のリサイクルに関する研究」

内容；大阪市の道路工事等で発生する掘削残土

を土質改良し、路盤材料として再生に成功した例を室内試験から試験施工までの報告。

二宮 敏明他；建設用材料，Vol.1，No.1，p.48～55，1992

②「発生残土の再利用」

内容；大量建設発生土の改良土事業（改良土出荷実績85万 m^3 ）における、受入から製品の出荷までのシステムについて、プラントレイアウト、解砕混合機、設備と生産工程、改良材等が記述されている。

万波 一朗他；アスファルト，Vol.35，No.172，p.42～46，1992

2) コンクリート塊関係

①「コンクート発生材の道路用材としての利用」

内容；コンクート廃材の路盤材としての利用状況について、「行政対応調査」「施工実績調査」「製造実績調査」を実施し、その利用状況の報告。

建試協；コンクリート分科会報告，アスファルト，Vol.35，No.172，p.28～36，1992

②「コンクート廃材を利用した路盤材の評価」

内容；コンクリート廃材を原料にした再生クラッシュラン及び再生粒調砕石と一般のものを使用した構内試験施工によって比較し、良好な成績が得られた。

川久 千雄他；建設用原材料，Vol.2，No.1，p.2～6，1992

3) アスファルトコンクリート塊関係

「アスファルトコンクリート発生材の管理と品質」

内容；プラント再生におけるアスファルトコンクリート発生材の再利用の状況，発生材の

品質、再生骨材の生産方法、再生骨材の品質等についての概況と今後の課題について報告されている。

吉兼 亨；アスファルト，Vol.35, No.172, p.20
～27, 1992

以上は報告されている資料の1部ですが、骨材の規格等については先般改訂された「アスファルト舗装要綱」，「プラント再生舗装技術指針」をご覧下さい。

また、明色骨材の需要も増加していますが、経済的な面から使用が控えられる場合が多いと聞いています。参考までに輸入セラミックスの性状試験結果を表－2

に示します。

(栗谷川 裕造 日本大学生産工学部)

表－2 輸入セラミックスの性状例

試験項目	骨材種類	セラミックス (A) (中国産)	セラミックス (B) (中国産)
	色	乳白色	白色
比重		2.330	2.341
吸水率		5.10	4.52
すり減り減量		25.9	20.7
安定性 (硫ナト)		7.9	6.8
マンヤル試験	安定度 (Kgf)	985	1,170
	OAC (%)	7.5	7.0

Q18

天然砂の枯渇から、スクリーニングス（以下Scとも記す）の使用が増えていますが、Scの適用についてお訊ねします。

- (1) 砕砂という言い方もあるようですが、Scとの違いはあるのですか。
- (2) Scを天然砂の代替として用いるようになった経緯と、それを用いた場合の品質上の特徴について教えて下さい。
- (3) Scを用いる場合の注意事項は何ですか。例えば、Scを用いる場合に、使用量は天然砂より多くしてはならないと言われていますが、どんな理由からですか。また、75 μ m以下が多いと回収ダスト量が増え、フィラーとしての性質に影響を与えそうですが、その取り扱いについて教えて下さい。

- (1) アスファルト舗装要綱（63年度版）によるスクリーニングスの記述は、碎石、玉砕を作る場合に生じる粒径2.36mm以下の細かい部分をいうとあり、砕砂という表現はありませんが、砕砂とは一般に岩石を破碎して製造した細骨材を指す用語であってScも砕砂であることには違いありません。

日本道路公団の設計要領（昭和58年4月）では砕砂（スクリーニングス）となっており、その材質はJIS A 5001によるものとするがあります（表－1参照）。

また、砕砂は一般に破碎後に生産される部分を使

用し、とくに原石が清浄な場合、一次破碎で生産される部分も使用できるとしています。

このほか、送風処理、水洗い処理して微粒子部分を少なくしたものも砕砂として使用されています。厳密な区別はないのですが、この処理されたものを一般に砕砂と呼ぶことが多いようです。

なお、Scには碎石ダストという言い方も使われています。

- (2) 我が国でScがアスファルト混合物の砂の一部として使用されたのは名神高速道路の舗装工事が最初とされています。それ以前は、粒径の大きい碎石を多

表－1 JIS A 5001-1988 道路用碎石から抜粋

4.2 スクリーニングス

- (1) 原石は、4.1の碎石を製造できるものでなければならない。
- (2) 水、ごみ、泥などを有害量含んではならない。
- (3) 粒度は、5.2によって試験し、表－4に適合しなければならない。
- (4) 塑性指数は、5.5によって試験し、NPでなければならない。

表－4 スクリーニングスの粒度

ふるいの呼び寸法(1)			ふるいを通るものの質量百分率 %					
種 類	呼 び 名	粒度範囲mm						
			5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.075
スクリーニングス	F－2.5	2.5～0	100	85～100	25～55	15～40	7～28	0～20

注 (1) これらのふるいは、JIS Z 8801に規定する標準型ふるい4.75mm、2.36mm、600 μ m、300 μ m、150 μ m、及び75 μ mに対応するものである。

く使用していたため、それ相応の生産設備がとられ、Scの発生量も少なく、ダストとして棄てられていましたが、昭和42年のアスファルト舗装要綱改定で混合物の細粒化が進み、これに呼応した生産により、Scの発生が増大してきました。ちょうどこの頃から、河川砂の不足が始まり、その補足として海砂や陸砂が使用されるようになったものの、粒度や品質面で満足なものが得られにくかったため、Scが次第に代替として利用されるようになったものです。

Scを用いた場合の特徴として、Griffithらは²⁾天然砂と砕砂を用いた混合物の性状を比較実験し、砕砂を用いた場合、噛み合わせ効果が増すため、天然砂よりOACが多くなり、そのOACにおけるマーシャル安定度が増し、最小VMAも同じように大きな値を示すようになることを述べています。

しかし、代替量が増して行くとそれだけ含有されるダスト量（ここでは75 μ m以下の意味）も増し、その結果、逆に適性アスファルト量を減らす方向に働くため、ダスト量の変動が適性アスファルト量のバラツキとなって表れ、一定品質の混合物を製造する上で管理が難しくなってきます。また、混合物そのものが稜角に富むScの影響でバサバサした感じとなり、施工性の悪い締りにくい混合物を与えます。このような混合物は、舗装の耐久生にとって好ましくありません。

(3) まずSc使用上の注意事項ですが、Scは75 μ m以下の

細粒分が多いため、水を含んでの団粒化を防止することが必要です。従って、保管時は雨水等が入らないように十分管理することが大切です。また、Scは碎石製造の副産物であって、75 μ m通過量のバラツキがあることが予測されるため、品質管理上その変動には常に注意を払う必要があります。

さて、Scの使用量については、前記のようにScの増量により混合物の特性が不安定化してくるので、自ずと使用限度があることは分かりますが、厳密な規程はありません。関らは¹⁾修正トベカで、砂とSc量の割合を変えて、安定度、フロー及び支持力（安定度／フロー）を調べ、図-1 (a), (b) を得ています。

これらの結果より、天然砂とScの使用比率は限界値があり、Scの比率を最大1：1程度にとどめておくのが好ましいと述べています。

また、川野らも³⁾Scの細粒化の面から砂とScの使用比率を考察し、やはり1：1前後に限界値があるとしています（図-2参照）。

次に、回収ダスト分の影響ですが、林らは⁴⁾Sc量の変化、石灰石粉と砂岩石粉の違いによるホイールトラッキングへの影響を調べ、75 μ m通過分の量が多くなると同一アスファルト量での変形割合が大きくなること（図-3参照）、それぞれのOACでは、75 μ m通過分の量が多くなると変形割合が石灰石粉の場合は減少し、砂岩石粉の場合は増加することを示して

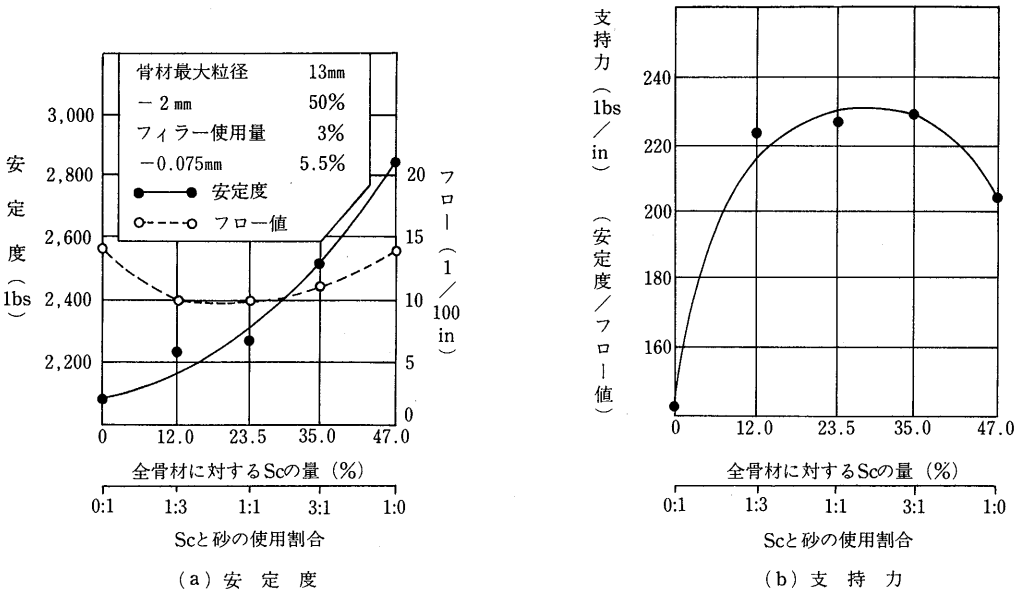


図-1 スクリーニングス (Sc) と天然砂の比率を変えた場合の特性変化

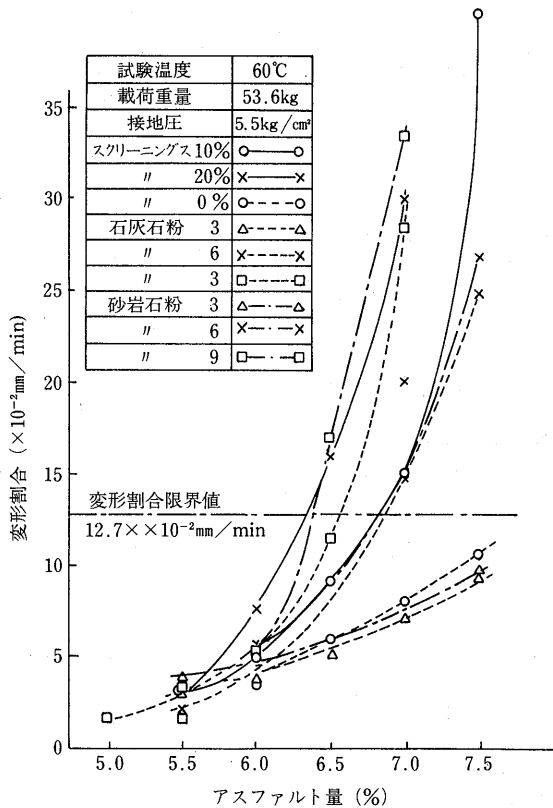


図-2 アスファルト量と変形割合の関係

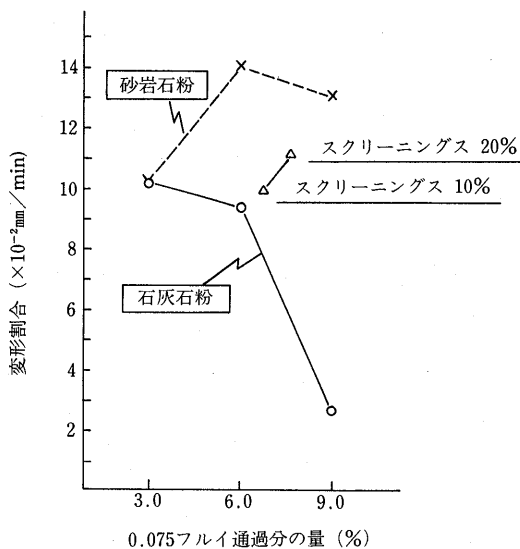


図-3 0.075mmふるい通過分の量と変形割合の関係 (OAC)

います (図-4 参照)。また岩瀬らは⁵⁾砂岩ダスト、砂岩石粉、石灰岩石粉をフィラーとして比較し、ダ

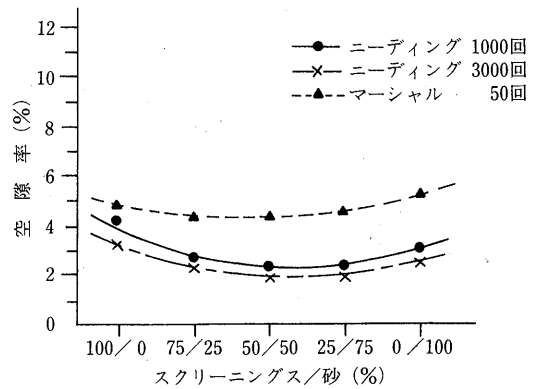


図-4 スクリーニングと砂比率を変えた場合の空隙率の変化

ストは石灰岩石粉の50%以下であれば、十分使用できるとしています。

回収ダストをフィラーの一部として利用する場合、火成岩類の石粉の規定について試験してみても、それを満たしていれば一応使用可能と言うことにはなりますが、回収ダストは一般的に粒子が丸く、噛み合わせが悪いので、通常の石粉よりも安定性に劣るとされています。

Scからの細粒分のPIは、規格ではNPであることになっていますから、回収ダストのフィラーとしての使用は問題ない訳ですが、回収ダストには砕石などからのものも含まれており、粘土分が多いと問題となります。したがって、やはり使用量は石灰石粉の半分以下とすべきでしょう。なお、道路公団の設計要領では、砕砂の75μm以下の量は混合物の耐久性や作業性に影響するので15%以下が望ましいとしていますが、このようなことも加味されてのことと考えられます。

(荒井 孝雄 日本舗道(株)技術研究所)

- 参考文献：1) 関ほか；舗装，Vol.5，No.9，1970
 2) J.M. Griffiths；HRB proce. Vol.37，1958
 3) 川野ほか；第11回日本道路会議，p.261
 4) 林ほか；道路建設，昭和48年8月，p.75
 5) 岩瀬ほか；第13回日本道路会議，p.273

Q19

アスファルト混合物の働きについて説明して下さい。また、現在フィラーの粒度、材種（混合フィラー等）の違ったものが出回っているといわれていますが、現状とどうなっているのでしょうか。技術資料等ありましたら紹介して下さい。

フィラー（Filler）とは舗装関係では75μmを通過する鉱物値粉末のことをいい通常石灰岩を粉末にした石粉が一般的に用いられる。しかし、地域によっては消石灰、セメント、回収ダスト、フライアッシュ等を用いることもある。

フィラーの役割は、アスファルトと一体となってアスファルト混合物の骨材間隙きを充てんし、混合物の安定性や耐久性を向上させることにある。

フィラーの配合量はアスファルト混合物の種類に応じて、一定の安定率を保証するための骨材配合、アスファルト量の決定など、配合設計の中で総合的に検討されて決められている。

フィラーがアスファルトと一体となって混合物の物性の改善を図る例として図-1、図-2があり、アス

ファルトモルタルの安定度は、フィラー量とアスファルト量の比（F/A）が大きくなるに従って増す傾向がある。F/Aの変化に対して安定しているのは、石灰石粉である。ラベリング試験による摩耗量はF/Aが大きくなるにつれて減少するなどの関係を指摘しているので、フィラーの添加量の検討や種類の選択の重要性がわかる。

石灰岩を粉砕した石粉の品質は要綱3-6-2、消石灰は「3-7-4石灰」、セメントは「3-7-3セメント」の規格に適合したものを使用する。

（小島逸平 熊谷道路㈱技術研究所）

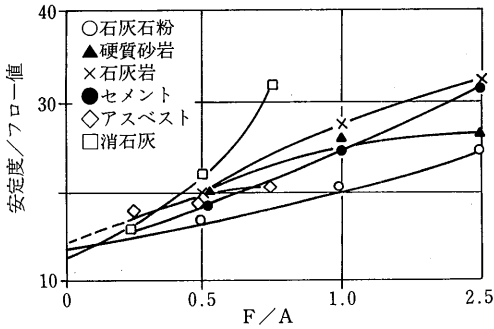


図-1 F/AとS/Fの関係（瀬戸）

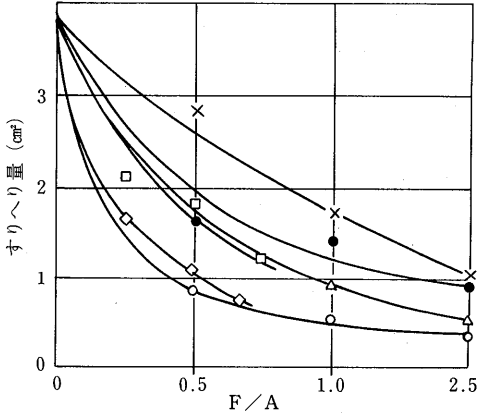


図-2 F/Aとすりへり量の関係（瀬戸）

Q20

回収ダストの使用基準、品質規格、使用実態（使用率）の実態はどうなっているのでしょうか。また、品質の違い（粒度、岩種等）がアスファルト混合物にどのような影響を与えますか。混合フィラーについてはどのようになっていますか。

回収ダストは、アスファルトプラントで加熱アスファルト混合物を製造する際に、ドライヤなどで加熱した骨材から発生する微粉末のことをいい、バグフィルタなどで捕集して、混合物のフィラーとして使用されているが、その使用量が多いとはく離などの面で問題となるケースがあるので、品質は表-1、表-2の目標値をクリアすることが望ましい。

フライアッシュは火力発電所等の石炭ボイラから発生する微小粉塵を電機集塵機で回収したものであるが、

表-1 回収ダストをフィラーの一部として使用する場合の目標値

項目	目標値
P f	4以下
フロー試験 (%)	50以下

〔注〕この試験は、75μm通過分について行う。ただし、回収ダストを含めてフィラーが2種類以上となる場合には、75μm通過分の混合割合に応じて混合したもので試験する。

表-2 フライアッシュ、石灰岩以外の岩石を粉砕した石粉をフィラーとして使用する場合の目標値

項 目	目 標 値
P I	4 以下
フロー試験 (%)	50以下
吸水膨張 (%)	3 以下
はく離試験	合 格

これをフィラーとして使用する場合には「JIS A 6021 フライアッシュ」の規格に適合したものか、表-3 の粒度規格と表-2 の性状に適合したものを使用するこ

とが望ましい。
 その他の岩石を粉砕した石粉副産物などを新たにフィラーとして使用する場合はその性状を把握した上で、表-2、表-3 の性状に適合したものを使用することが望ましい。
 (小島)

表-3 石灰石を粉砕した石粉の粒度規格

ふるい目	通過質量百分率 (%)
600μm	100
150	90～100
75	70～100

Q21

改質材の種類とその効果及び改質Ⅰ、Ⅱ型等の使い分け方法とプラントミックスタイプ、プレミックスタイプの効果、適用方法の相違点と使用状況について教えてください。

アスファルトの改質材として一般に用いられているものは、ゴム、熱加塑性エラストマーがあります。これらを単独あるいは両者を併用添加し、その性状(表-1)によって改質Ⅰ、Ⅱ型に分類されています。

改質Ⅰ型はスチレン・ブタジエンゴム (SBR) 単独あるいは熱加塑性エラストマーを併用して、低温伸度、タフネス・テナシティを改善し、すべり止めや耐摩耗に効果がでるように改質しています。改質Ⅱ型に使用される主なものは、スチレン・ブタジエンブロックポリマー (SBS)、スチレン・イソプレンブロックポリマー (SIS)、エチレン・酢酸ビニル共重合体 (EVA)、エチレン・エチルアクリレート共重合体 (EEA) 等の熱可塑性エラストマーを用いて、ゴムのな性質と樹脂的な性質を併せ持たせ、耐流動、耐摩耗等の幅広い改質効果が期待できます。

プラントミックスタイプとプレミックスタイプの効果については、報告等が出ておりません。プレミックス

タイプは一般に均一に混合されたものをローリー車で供給されますが、プラントミックスタイプは粉末状あるいは乳状の改質材をミキサに直接添加・混合します。これらはプラントの設備、工事規模、供給条件等によって選択されているようです。

改質アスファルトⅠ、Ⅱ型の使用状況は、図-1 のような現状となっています。

(栗谷川)

表-1 ゴム・熱可塑性エラストマー入りアスファルトの標準的性状

試験項目	種 類	ゴム・熱可塑性エラストマー入りアスファルト	
		改質アスファルトⅠ型	改質アスファルトⅡ型
針入度 (25℃) 1/100mm		50以上	40以上
軟化点 ℃		50～60	56～70
伸 度 (7℃) cm		30以上	—
伸 度 (15℃) cm		—	30以上
薄膜加熱針入度残留率 %		55以上	65以上
タフネス (25℃) Kgf・cm		50以上	80以上
テナシティ (25℃) Kgf・cm		25以上	45以上

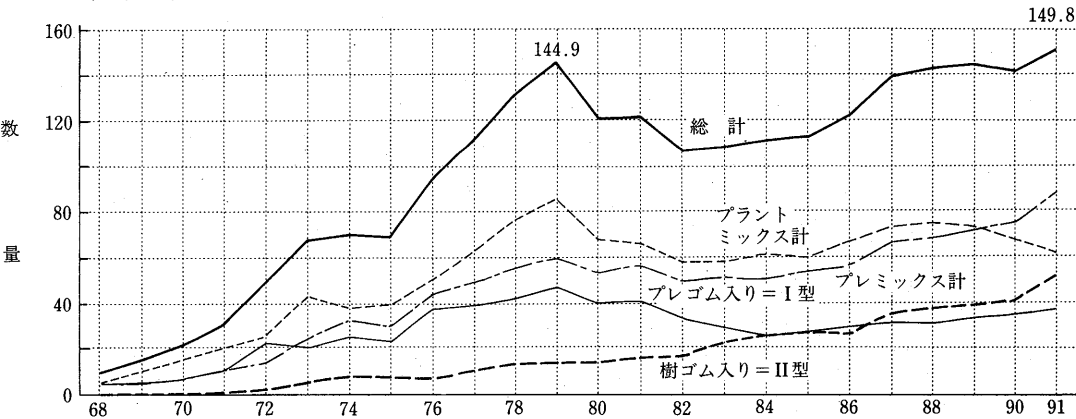


図-1 ゴム・樹脂ゴム入りアスファルト需要動向

「第7回・アスファルト舗装に関する国際会議」 の論文抄録

“7th International Conference on Asphalt Pavements”

明けましておめでとうございます。本年も相も変わらぬお付き合いの程をよろしくお願い申し上げます。

さて、私事ごとながら、小生がこの舗装の分野に足を踏み入れてから早11年が過ぎたが、この間、ひと頃に比べてずいぶんと舗装の研究活動が活発になってきたような印象を受ける。

この理由の1つに、たとえば土木学会の全国大会などにおける研究発表数の増加を挙げることができよう。全国大会と言え、数年前までは会期中の初めの2日間だけ出張すればまず事足りていたが、それがいつの間にか3日間終日のセッションが持たれるようになった。舗装以外の他の分野でも同様の傾向があるのかと思ひ調べてみたところ、確かに他分野を含めた全体の発表数でも確実に増えてはいるものの、舗装に関するものの伸び率はさらに高いようである。このことは、コンクリート、材料、舗装等を扱う第V部門の中で、舗装に関連した研究発表数の割合は、昭和56年～63年の平均で13.2%であったのに対して、平成に入ってからはその割合は15.3%に跳ね上がっていることからわかる。

舗装の研究が活発になったと思わせる他の理由に、最近海外で催される国際会議に参加する日本人の数が

非常に増えたことも挙げられよう。小生でさえも、平均すれば年に1度以上の割合で海外へ足を延ばしている。このような傾向は大変に良いことに思う。ただ、残念なことは、このような国際会議をオーガナイズする側に日本の研究者がなかなか参加できていないように思えることである。言葉の問題もあるのかも知れないが、もっともっと論文をたくさん発表し、成果を売り込む努力をすることも必要ではあるまいか。

今回の報告は、このような国際会議の中では最も権威の高いものと称されているアスファルト舗装に関する国際会議の論文抄録を取りあげた。5年ほど前、本新制の研究グループが発足した直後に前回の国際会議の抄録を報告しているので、何か感慨深いものを覚える。今回も例によって、全メンバーによる共同作業である。会議そのものの概要については他誌等によっても報告されているのでここでは触れないが、提出した論文が審査にパスするのは非常に困難な中、今回はわが国から5編も発表されているのは心強い限りである。今後もっと数が増え、舗装の分野におけるわが国の地位が高まることを真に祈念する次第である。

(姫野賢治)

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

*は班長

姫 野 賢 治 北海道大学工学部土木工学科

阿 部 長 門 東亜道路工業(株)技術研究所
飯 田 健 一 鹿島道路(株)技術研究所
伊 藤 邦 彦 大成ロテック(株)技術研究所
伊 藤 達 也 日澁化学工業(株)技術研究所
伊 藤 春 彦 東亜道路工業(株)技術部
梅 野 修 一 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室
遠 藤 桂 日本道路(株)技術研究所
小 笠 幸 雄 大林道路(株)企画室企画課
岡 藤 博 国 世紀東急工業(株)技術部技術開発課
川 西 礼緒奈 日澁化学工業(株)業務開発部
川 端 浩 平 日本舗道(株)技術研究所
佐々木 巖 建設省土木研究所地質化学部化学研究室
佐 藤 雅 規 世紀東急工業(株)技術研究所
菅 野 伸 一 常盤工業(株)技術研究所
杉 内 正 弘 飛鳥道路(株)技術研究所
鈴 木 秀 輔 大成ロテック(株)技術研究所開発研究室
鈴 木 康 豊 ㈱バスコ道路技術センター情報技術部技術課
高 橋 修 長岡技術科学大学
竹 井 利 公 熊谷道路(株)技術研究所

田 中 耕 作 鹿島道路(株)技術部
田 中 輝 栄 東京都建設局道路管理部保全課
田 中 秀 明 東亜道路工業(株)技術研究所
* 谷 口 豊 明 大林道路(株)技術研究所施工研究室
西 川 毅 熊谷道路(株)技術研究所
野 村 健一郎 大成ロテック(株)技術研究所開発研究室
野 村 敏 明 日澁化学工業(株)技術研究所
八 谷 好 高 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室
浜 田 幸 二 日本道路(株)技術研究所
* 藤 田 仁 日本道路(株)技術部
増 山 幸 衛 世紀東急工業(株)技術部技術開発課
水 口 浩 明 前田道路(株)技術研究所
* 南 沢 輝 雄 ㈱バスコ道路技術センター情報技術部技術課
* 峰 岸 順 一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室
村 田 信 之 日本舗道(株)技術研究所
森久保 道 生 昭和シェル石油(株)中央研究所
山 本 達 哉 大成ロテック(株)技術研究所
湯 川 ひとみ 飛鳥道路(株)技術研究所
横 山 稔 昭和シェル石油(株)アスファルト部
* 吉 村 啓 之 前田道路(株)技術研究所第一研究室

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

- (1) Beckedahl. H., Buseck. H., Gerlach. A., Straube. E. and Velske.s. (ドイツ)
 (2) Effects of Different Pavement Rehabilitation Types on The Development of Rut Depth and Fatigue Cracking
 (3) pp.1~15
 (4) **わだち掘れ深さ及び疲労ひびわれによる種々の補修方法の効果** (浜田幸二)

(5) ドイツのアスファルト舗装設計のガイドライン (RCto) は、一般的には20年であるサービスマイルの間では、疲労ひびわれが発生しないという原理に基づいているが、サービスマイルの途中で永久変形による補修が必要となる場合が多い。舗装管理システムに連結されたドイツのVESYSプログラムシステムを取扱う上で、補修の有効性を評価するだけでなく、損傷を考慮した補修方法を選定することが重要である。

本論文は、このVESYSプログラムを舗装の補修に適用するためにシステムの拡張を行った結果について報告したものであり、補修のタイプを3タイプに分類するとともに、VESYSプログラムのわだち掘れ深さの予測モデルを舗装各層の永久変形量が計算できるように、また舗装各層における疲労ダメージが計算できるように改良することにより、オーバーレイ設計を含む種々の補修方法の様々な効果が予測できるようになり、また、サービスマイル、わだち掘れ及び疲労ひびわれを全体的に考慮した最適な補修方法の選定が可能になった。

本研究は、舗装の損傷のタイプに着目して、補修方法の選定方法について示したものであり、近年のPMSにおける工法選定の基礎として、参考になる文献であろう。

- (1) Brown. S. F. and Dawson. A. R. (英国)
 (2) Two-stage Mechanistic Approach to Asphalt Pavement Design
 (3) pp.16~34
 (4) **アスファルト舗装の合理的な2段階設計法** (高橋 修)

(5) これまでのアスファルト舗装の理論的設計法は路盤からアスコン層までである程度、一貫した理論的アプローチによって構築されており、一つの手続きで各層の設計がすべて行われる。これに対して本研究は、舗装構造を3層系と仮定して下の2層 (路床、路盤) を一つの段階として設計し、その結果をもとに上のアスコン層を次の段階として設計するといった、各段階で異なる手続きと設計基準を用いた2段階の設計方法について述べている。下層の施工時の荷重条件や路床、路盤材の非弾性的性状を考慮し、また舗装構造を3層系と単純化したことにより合理性と汎用性 (容易さ) の向上を目的としている。

その方法は、大略的にはまず路床条件によって路盤の有効レジリエントモジュラスと厚さを決定し、そして路床と路盤を一つの層とした時の等価スティフネスをたわみ量を指標にして推定する。次の段階として、等価スティフネスとアスコン材料の許容引張りひずみおよび弾性スティフネスからアスコン層の厚さを決定する。永久変形と疲労破壊に対する抵抗性に着目した設計基準が3つ設けてあり、層の厚さと下層の応力条件が基準を満たすように規定されている。

本研究の手法は、舗装の多層構造を3層系に単純化し路盤の支持力とアスコン層の厚さに着目した理路整然とした設計方法である。この手法を適用するには、使用材料を選定した後でかなりの材料試験を行ってバックデータを得ておかなければならない。アスコン層については配合設計とリンクする部分が大いと思われる。

- (1) Bullen. F. and Preston. N. (英国)
 (2) Extending the Nottingham Asphalt Tester
 (3) pp.35~44
 (4) **数学的モデル (FLAC) を用いたノッティンガムテスターの活用例** (菅野伸一)

(5) 現在の構造設計法は、路床の累積垂直ひずみ、あるいはアスコン層底面に働く繰返し引張りひずみによるひび割れを抑制することに主眼がおかれ、路盤やアスコン層の永久ひずみ (クリープ) はほとんど考慮されていない。また、舗装厚が厚い場合は、わだちによる破壊は温度上昇によるクリープ破壊であり、薄い場合は、曲げ疲労によると考えられている。しかしながら、実用的なクリープ破壊モデルが確立していないのが現状である。

本研究は、NATによる繰返し荷重のクリープ試験により高温時の舗装体の挙動を把握することにより構造設計が

可能であると考え、クリープ破壊モデルの確立を試みたものである。クリープ挙動は、軸重、軸形態、車両速度、混合物特性、舗装体温度に依存しており、直径100mm、150mmの小さい供試体による試験では実際と異なる挙動を示す。有限要素法ではこれらのモデルを確立するのが困難であったが、差分法を用いた解析モデルFLAC(Fast Lagrangian Analysis of Continua—連続体の迅速ラグランジュ解析)は、供試体直径100mm～500mmの範囲でその挙動を検証できるものである。

FLACモデルでは、供試体直径が増しても、載荷エリアは中央の直径100mm部分であるため、供試体直径が増加すると載荷エリアへの側方拘束状態が増加し、縁部では応力が分散しほとんど0になり実際の舗装体の状態と近似する。したがって、直径100mmあるいは150mmの供試体と直径500mmの供試体との関係を求めておけば、NATによる試験およびFLACにより実際の舗装体に近いアスコン層のスティフネスを求めることができるといった簡便な方法である。

(1) Francken. L. and Vanelstraete. A. (ベルギー)

(2) Interface Systems to Prevent Reflective Cracking.

(3) pp.45～60

(4) リフレクションクラック抑制層の評価システム

(浜田幸二)

(5) 本論文は、アスファルトオーバーレイにおけるリフレクションクラックの抑制を目的とした種々の中間層システムの設計・評価方法について報告したものであり、

- ① 中間層システムの成分(アスファルト混合物及び既成の中間層製品)の特徴づけ。
- ② それらのシステムの温度及び交通荷重条件下における構造的な挙動の評価計算モデル。
- ③ 温度荷重の効果を評価するための室内シミュレーション
- ④ 以上の評価結果の屋外における検証

について示されている。

本論文により既成の中間層製品の機能的な分類がなされ、温度応力によるクラックについては、

- ① 有効なシステムが存在する。
- ② 中間層の性質及び特徴が最も重要であり、オーバーレイの層厚の影響は小さい。
- ③ 最も良い結果は、強固な材料に結合させた軟かい中間層の場合である。

交通荷重によるものについては、

- ① 全ての中間層システムにおいて、それらのスティフネスにかかわらず、中間層システムが交通荷重による歪に耐えるならば、ひびわれの先端部におけるひびわれの開始を防止するのに効果的である。
- ② アスファルトオーバーレイと同等あるいはそれ以上のスティフネスをもつ中間層の場合が効果的であった。
- ③ しかし、中間層のひびわれ開始を防げる効果は、温度応力による場合よりも小さい。

また、シミュレーションの補足的な結果及び実物大実験の概説として、

- ① 中間層システムと上下層の間の接着が良好であることが最も重要である。
- ② オーバーレイ厚は、ひびわれの進行を抑制するだけでなく、舗装の構造的な改良となることが重要である。

ことがわかった。

本研究は、リフレクションクラック抑制層を選択する場合の基礎となるとともに、抑制層の設計のガイドラインを作成する上での補助になるであろう。

(1) Hachiya. y., Sato. K. and Kawakami. A. (日本)

(2) Thickness Design of Asphalt Overlays on Concrete Pavements for Airports

(3) pp.61～72

(4) 空港コンクリート舗装上のアスファルトオーバーレイ厚の設計

(八谷好高)

(5) 建設後の地盤沈下や航空機の大型化により必要となる、空港コンクリート舗装上のアスファルトオーバーレイの厚さ算定法を開発することを目的としている。

構造的に健全な既設コンクリート舗装上にアスファルトコンクリートによりオーバーレイをする場合、従来より使用されているアスファルト舗装と見なす厚さ算定法に従うと過大なものが得られる。これを改善するために、試験舗装を製作して、載荷試験を行い、その結果を解析することにより、新しい厚さ算定法を開発した。

アスファルトオーバーレイ層にリフレクションクラックが生ずる危険性を考慮して、有限要素法と多層弾性理論

を使い分けることとした。すなわち、寒冷地でクラック発生の危険がある場合は、上層がアスファルトオーバーレイ層、下層がコンクリート版からなる複合版と見なして、前者の解析手法を適用した。温暖地でクラックが発生しないと判断できる場合は、多層弾性理論を使用している。両者により算定したオーバーレイ厚は、従来より用いられている方法と比較して、かなり薄くなっていることがわかった。また、後者によるほうが薄くできる。

これにより、従来法では安全側すぎるとされていた空港コンクリート舗装上のアスファルトオーバーレイ厚の算定法が合理化された。

- (1) Hopman. P. C. Pronk. A. C. Kunst. P. A. J. C, Molenaar. A. A. A. and Molenaar. J. M. M. (オランダ)
- (2) Application of The Visco-elastic Properties of Asphalt Concrete.
- (3) pp.73~88

(4) **アスファルト混合物の粘弾性特性の適用**

(田中耕作)

- (5) 道路の設計においてアスファルトは、ほとんどの場合において線型弾性体としてモデル化されている。しかしこの仮定は、アスファルト混合物の現実の挙動を大ざっぱに近似しただけにすぎず、未だ十分なものではない。本来アスファルト混合物は非線型粘弾性的材料である。そこで本紙面では、アスファルト舗装の疲労および永久変形に対して、アスファルト混合物の粘弾性体としての取り扱いを示したものである。

アスファルト混合物を粘弾性体として取り扱う為に、Burgerのモデルが適用された。このモデルは、2種類の弾性係数、および粘性係数をパラメーターとして設定したものであり、これらのパラメーターを決定する為に一定荷重の繰り返し圧縮試験、4点支持による曲げ試験、および一定荷重による繰り返し引張試験が実施された。

これらの試験の結果より、Burgerモデルは、粘弾性体としての挙動をかなり正確に表現していることがわかった。また、このモデルの各パラメーターは荷重のタイプ（引張又は圧縮）に依存しており、繰り返し荷重によって変化することが示された。更に、Burgerモデルの各パラメーターの初期値は、Gerristenによって示された理論式（文中参照）からほぼ計算できることが示された。

本研究では、アスファルト混合物の粘弾性体としての取り扱いの重要性を強調しており、実験だけではなく理論的な記述も加えられており、参考になる文献と思われる。

- (1) Jacobs. M. M. J., de Bondt. A. H., Molenaar. A. A. A. and Hopman. P. C. (オランダ)
- (2) Cracking in Asphalt Concrete Pavements
- (3) pp.89~105

(4) **アスファルト舗装のひびわれに関するモデル解析とオーバーレイ設計法**

(杉内正弘)

- (5) アスファルト舗装構造に生じるひびわれは、その耐久性、供用性等に直接影響を及ぼすため、ひびわれの発生ならびに発達のプロセスを明らかにすることは、構造設計、新材料の開発、さらには維持管理面などから大切なことである。本論文は、このひびわれの発達過程を明らかにし、それを実際の舗装構造の設計あるいはオーバーレイを行う際の設計に役立てることを目的とし、研究されたものである。

ここでは、ひびわれ伝達の実験として矩形供試体による一軸方向への繰り返し引張試験を行うとともに、その結果をCRACKTIPという線形弾性有限要素法に利用し、ひびわれの成長についてのシミュレーションを行っている。その結果から、アスファルト混合物における複雑なひびわれの発達は、1本の直線ひびわれの発達として単純化することができるということを明らかにし、さらにこの考え方をもとに実験的に求めた破砕パラメータを用い、ひびわれの発生した舗装面へオーバーレイを行う場合の舗装寿命を測定できることを示している。

本論文は、デルフト工科大学の道路・鉄道研究所で行ったアスファルト混合物のひびわれ伝達に関するモデル解析の研究結果であるが、わが国においてもひびわれた路面に対するオーバーレイの設計に対し、理論的なアプローチを行う際に参考になる文献であろう。

- (1) Kasahara, A., Hlmeno, K., Kawamura, K. and Nakagawa, S. (日本)
- (2) Performance of Asphalt Pavements at Bibi New Test Road in Japan Related to their Bearing Capacity
- (3) pp.106~123

(4) **美々試験道路によるアスファルト舗装の支持力とパフォーマンスの関係**

(西沢辰男)

- (5) 従来の経験的な設計法から理論的な設計法に移行するためには、従来型の設計によるアスファルト舗装と理論的な設計によるアスファルト舗装の長期的な挙動を比較することが必要である。このために、1990年に北海道の国道

36号の美美において試験舗装を実施し、供給後の追跡調査の結果から設計法の検証を行っている。

経験的な設計法としては日本のアスファルト舗装要綱に従い、理論的設計法としては散逸エネルギー理論に基づいた疲労破壊を基本としたものを採用した。特に理論的な設計法においては、正確な交通荷重と季節的な舗装の支持力を変化を知ることが重要である。交通荷重については新たに開発したweigh-in-motionシステムによってタイヤの圧力分布、スピード、輪数を実測し、支持力についてはFWD測定からの逆解析によって求めた。車輪の走行位置分布は考慮されていないため、かなり安全側の設計になっている。

結論は以下のとおりである。①タイヤの圧力分布、スピード、輪数が新たに開発されたシステムによって実測できた。②季節的な舗装の支持力の変動はFWD解析により、舗装各層の弾性係数の変動として評価することができた。③凍結期の路床の弾性係数は約200MPa程度である。④車輪走行位置分布を考慮すべきである。

設計法の違いによるアスファルト舗装の長期的な挙動の違いは、各国でも興味があるようで、本論文は2つのパラレルセッションでプレゼンテーションがあった。

(1) Mamiouk, M.S. (USA)

(2) Rational Concept in Relating LAB Testing to Pavement Analysis

(3) pp.124~140

(4) 実験室における舗装解析の合理的概念

(西川 毅)

(5) 舗装解析に用いる各係数を室内試験により評価し、解析手段へ関連付けをすることを目標とした。載荷試験は、載荷方法、振動数、試験温度、アスファルト量等の試験条件を変えて行い、各要因と係数との関わりを考察している。

アスコン層は実際の現場においては圧縮による制限を受けているが、試験室においてそれを想定して三軸圧縮試験を行うことは、さほど有用ではない。また、試験の結果、引張の係数と圧縮の係数は値が異なり、多層弾性のプログラムにおいて引張係数を入力することは適当でないことなどを示唆している。

(1) May, R. W. and Witzczak, M. W. (USA)

(2) Integrating Flexible Pavement Mix and Structural Design

(3) pp.141~156

(4) たわみ性舗装の混合物の配合設計と構造設計の統合

(阿部長門)

(5) 現在、アスファルト混合物の配合設計と舗装の厚さ設計は、別々に行われている。これらの設計システムを統合し、新しい合理的な解析コンピュータプログラムを作成した。このシステムは混合物の3種類の疲労クラック、永久変形、低温クラックの各条件に対するパフォーマンスと機能に基づくものである。混合物のパフォーマンスは、多種の舗装におけるパフォーマンスを入力値としてこのシステムで比較検討を行った。

本システムの内、CAMAプログラムはアスファルトの低温クラックの発生する脆化点を温度と4.25℃の針入度を用いて推定するもので、筆者らの提案した式に基づいている。また、CAMASプログラムは、混合物の疲労基準としてA Iで採用されている疲労破壊の式を用いており、混合物の永久変形歪の推定には10×20cmの円筒供試体を用いた三軸圧縮試験で得られるアスファルト容積率、空隙率、偏差応力、粘度(21℃)、試験温度を用いたLeahyの提案した式を使用している。路盤材の永久変形量は、三軸圧縮試験で得られるNo200通過重量、空隙率、偏差応力から得られる筆者の式を用いている。

ここでは、33箇所の供用中の試験舗装のデータを用いて検討を行い、疲労破壊(ひび割れ率)、路床・路盤の永久変形、アスファルト混合物の永久変形によりパフォーマンスの評価を行っている。

本プログラムを使用した結果と実測値の差は、低温クラックの指標となる脆化点で2℃未満、疲労破壊の指標である許容載荷輪数で1オーダー未満、わだち掘れ量(アスファルト混合物、路盤、路床の累積永久変形量)で10mm未満の推定誤差となっている。これにより本プログラムの推定値は実測値に近く、上述の3種類のパフォーマンスによる評価で舗装の破壊を予測することができるとしている。

本研究では混合物の破壊だけでなく舗装体としてのひび割れやわだち掘れの破壊も考慮したプログラムを目標に開発しており、日本ではこのような例はないが、今後の開発の参考になると思われる。

(1) Medina. J., Motta. L., Pinto. S. and Rodrigues. R. M. (ブラジル)

(2) Fatigue of Asphaltic Mixtures and Paving Cracking

(3) pp.157~171

(4) **アスファルト混合物の疲労特性とひび割れ伝達の数学的モデル**

(杉内正弘)

(5) アスファルト舗装のひびわれは通過車両による繰り返しの荷重により発生し、また荷重回数とともに発達していくことから、アスファルト混合物のひびわれについてはその疲労特性からのアプローチが必要である。

本論文では、15種類のアスファルト混合物について円柱形供試体による直径方向への繰り返し圧縮試験、ならびに矩形供試体による曲げ疲労試験、クリープ試験等を行い、アスファルト混合物の疲労特性について測定を行うとともに、コンピューターによるシミュレーションならびに実験により得られた値を利用して、疲労方程式等から水平ならびに垂直方向のひびわれ伝達に関する数学モデルを導き出している。

その結果、実路における実験によってそれぞれ気候、交通条件、使用材料等に応じた補正値を求めることにより、この数学モデルを利用して荷重回数に応じたひびわれ発達の程度の予測を行うこと、さらにオーバーレイを行った場合のリフレクションクラックの発生について予測をすることが可能であることを示している。

本論文は、今後舗装管理システムを考えて行く際に、ひびわれの発生ならびにその発達に対し、ここで示されたような予測モデルを適用し得ることを示唆するものである。

(1) Nataatmadja. A. (オーストラリア)

(2) Resilient Modulus of Granular Materials Under Repeated Loading

(3) pp.172~185

(4) **繰り返し荷重における粒状材料のモデリングによるレジリエント・モジュラス**

(遠藤 桂)

(5) レジリエント・モジュラスが繰り返し軸差応力にも依存することを示し、粒状材料のシンプルなモデルを提案するのが研究の目的である。

レジリエント・モジュラスの初期の研究でのいくつかのモデルについて考察し、特にKシートモデルや2パラメータモデルと呼ばれるものなどについての適用の際の様々な制限を提案して、舗装設計や解析への妥当性を論証している。

繰り返し荷重下での粒状材料の挙動がやや複合的であり、特に一定の拘束力のもとで、粒状材料は低鉛直荷重で降伏し、その後より高い応力状態で硬化することがみられる。従って、Kシートモデルの様なモデルは、限られた応力のもとでのみ使用される。

2パラメータモデルを使用することによって、繰り返し荷重のもとでの粒状材料の挙動は、降伏およびロッキングに関して説明可能である。

(1) O'Donnell. E., Fordyce. D. and Khweir. K. (英国)

(2) Guidance on the Design of Fine Dense Bituminous Material

(3) pp.186~200

(4) **細かい密粒度アスファルト混合物の設計手法**

(伊藤達也)

(5) U.K.における密粒度アスファルト混合物の配合設計方法は、骨材粒度と空隙率からアスファルト量を求める理論的手法である。しかし、トップサイズの小さい(6.3mm)、細かな密粒度アスファルト混合物において、現行の理論的手法を使用することは不適當である。本論文は、このような混合物の配合設計手法について述べている。

研究内容は、細骨材、フィラーおよびアスファルトを使用して、①アスファルト量とフィラー量を変化させた混合物の作業性試験、②細骨材とフィラーの量を変化させ骨材のみで締固めた時の空隙率の測定、③アスファルト混合物の細かな部分の調査、である。

その結果、細かい密粒度アスファルト混合物の配合設計手法として次のことがあげられた。

① 骨材のみで最密充填されるフィラー量は20~25%であるので、フィラー量を15%から変化させ空隙率が最小になるフィラー量とする。

② アスファルト量は、混合物の耐久性、安定性の面から混合物の最終空隙率が3~5%になる量とする。

③ 混合物の作業性や転圧温度はアスファルトの粘弾性性状だけでなく骨材の配合比や性質によって異なるため三軸試験より決定する。

本論文にもとづいて配合された混合物の適用条件、耐久性に関する内容の記述がほしかった。

- (1) Tsohos. G., Nikolaides. A. F., and Leondaridis. D. (ギリシャ)
- (2) The Effect of Maximum Nominal Aggregate Size and the Coarse/Fine Ratio to Permanent Deformation of Continuously Graded Mixtures
- (3) pp.201~215

(4) アスファルト混合物の種類による舗装体の永久変形について

(菅野伸一)

- (5) 本研究は、アスファルト混合物の最大粒径、粗骨材量と細骨材量の比、アスファルト量、アスファルトの硬さ、および混合物のスティフネスが永久変形に及ぼす影響をShellの設計法に示してあるクリープ試験によって検証し、さらに、わだち掘れ量との関係を調べたものである。試験に用いた混合物は、通常ギリシャで表層材として使用している代表的な連続粒度のもので、最大粒径25.4mmが1種類、19.1mmが3種類、12.7mm、9.52mmがそれぞれ1種類の計6種類である。使用骨材は石灰岩、アスファルトは針入度45（グレード40/50）、83（グレード80/100）の2種類、混合物のアスファルト量は最適アスファルト量（O.P_b）、O.P_b+0.5%、O.P_b+1.5%の3点である。試験の結果、永久変形に対する抵抗性を高めるには以下の点に留意することが重要であるとしている。①混合物の最大粒径を大きくする。②粗骨材量（2.00mm残留分）を全骨材量の50%以上とする。③アスファルト量を過剰に設定しない。O.P_b+0.5%のアスファルト量でわだち掘れ量はおおよそ1.5倍になる。また、骨材の最大粒径が小さいもののほど空隙率を大きくする必要があるとしているが、混合物の種類にかかわらず目標空隙率を5%程度とすべきだとしている。そのほか、硬いアスファルトはアスファルト量の多い高配合の混合物において有効であるとしている。本報告では、マーシャル法による混合物の配合設計は推奨できないとしており、時流を反映している点が興味深い。

- (1) A. H. Rhodes (英国)
- (2) The Case for Tapered Pavement Sections
- (3) pp.216~229

(4) 経済性を考慮した舗装断面設計について

(伊藤邦彦)

- (5) 本研究は、複数車線の道路において車線により軸重分布が異なることに着目し、車線毎に舗装断面を変化させることで過大設計を避け、最少コストで目標とする設計寿命を満足させる舗装断面設計方法を検討している。

検討方法は、表層厚を一定とし、軸重分布の大きい車線から小さい車線に向け、路盤下面にテーパを持たせることで舗装厚さを徐々に変化させている。断面設計にあたっては、Powellの提案した「舗装の損傷と舗装厚さの関係」を参考とした理論解析を用い、①従来の設計方法で求めた全車線の構造を同一とした断面、②軸重分布の小さい車線を設計寿命を満たす最少路盤厚とし、従来の設計方法で求めた断面と同量の路盤材を用い、路盤下面にテーパを持たせ、軸重分布の大きい車線の路盤厚さを設計寿命よりも大きくした断面、③従来の設計法で定めた設計寿命を各車線満足しつつ、路盤下面にテーパを持たせることで路盤厚の使用量を低減した断面を提案している。

これらの検討の結果、車線の軸重分布を考慮し、路盤下面にテーパを用いることで舗装断面を変化させ、当初の目標設計寿命を保ちつつ、20%以上の路盤材料の節約が可能となり、経済的に優れた舗装断面を設計することができた。

テーパ付きの路盤層を施工する時、①路盤の最小厚さの決定に対して、路盤材料のトップサイズの影響を考慮する。②路盤厚さが同一車線内でも場所により異なり、締固め作業で均一の密度を確保するのに注意を要するなど、我国に本報の設計法を導入するにあたり、施工上の管理方法に従来以上の注意を要するであろう。

- (1) Rothenburg. L., Bogobowicz. A., Haas. R., Jung. F. W. and Kennepohl. G. (カナダ)
- (2) Micromechanical Modelling of Asphalt Concrete in Connection with Pavement Rutting Problems
- (3) pp.230~245

(4) 舗装のわだち掘れに関するアスファルトコンクリートのモデル化

(谷口豊明)

- (5) アスファルトコンクリートの塑性変形によるわだち掘れをアスファルトの被膜を持つ骨材同士のかみ合せという基本的なモデルでそのメカニズムを検討したものである。

まず、粗骨材だけのかみ合せによる単純な2次元（平面）のモデルを想定し、骨材粒子同士の接触点数、接触の方向およびその分布などについて数学的シミュレーションを行なった。次にこのモデルにアスファルト被膜と骨材間げきを充てんするアスファルトを追加し、弾性材（骨材）と粘弾性材（アスファルト）とのマトリックスを考え、モデルによるシミュレーションと種々の実験、骨材だけの圧縮試験、骨材-アスファルトの一軸圧縮およびクリープ試験を行なった。

以上のようなアスファルトコンクリートのモデル化と実験結果より、骨材同士のかみ合せについては、荷重の作用により接触点数と接触方向の分布が変化すること、また骨材-アスファルト系では骨材同士の接触点数がある値を下回るとわだち掘れの原因となる一定のクリープ状態が発生することなどが確認された。

原題にあるとおり、アスファルトコンクリートの塑性変形特性を骨材粒子とアスファルトバインディングという基本要素のモデルによりミクロメカニズムとして扱ったユニークな研究である。

(1) Ruth. B. E., Guan. L. and Tia. M. (USA)

(2) Critical Condition Mechanistic Analyses for Structural Evaluation and Rehabilitation Design

(3) pp.246~258

(4) 限界状態における舗装の構造解析と評価および修繕システム

(飯田健一)

(5) 舗装構造の解析を行う上でコンピューターを用いることは、これまで数多く報告され、実際に使用されている。しかし、これまでの舗装解析システムは、ある特定の状態（例えば、ひび割れ、輻掘れ、等）に関して、その耐久性を解析するものであった。本論文では、舗装の構造解析・評価および、修繕の要否を一連のフローの中で行うことを目的としたシステムの開発結果について、述べられている。

本システムは、REDAPS (Rehabilitation Design of Asphalt Pavement Systems) と呼ばれ、大きく2つのフローに分割されている。1つは、舗装構造の評価に関するものであり、もう1つは、修繕に関するものである。また、システム運用に必要なデータは、実際の舗装構造（層厚、断面構造）、交通条件（交通量、輪荷重）、室内試験データ（曲げ強度、引っ張り強度、等）である。さらに、現場における不具合の状況（クラックの発生状況）、非破壊検査（FWD、ダイナフレクト）の結果をも用いることも出来る。このシステムがこのように広範囲にわたる解析を可能にした理由には、“Crack3”、“OVL2”がREDAPSに組み込まれていることによる。

本システムの開発により、現存するアスファルト舗装の構造評価をした上で、その修繕の要否を判定する事が可能となった。また、修繕に必要なコストも合わせて算出することが出来る事をつけ加えておく。

本研究は、舗装の維持管理システムとして構築された。わが国においてこのようなシステムを開発する上で参考になるものであろう。

(1) Sanders, P. J., Horak, E., (南アフリカ)

(2) Use of the Pencil Pressuremeter in Pavement Design

(3) pp.259~271

(4) 舗装設計へのペンシル型圧力計の使用

(伊藤春彦)

(5) 舗装の弾性係数を求めるためのペンシル型せん断圧力計 (PSPP) の開発と使用方法およびPSPP試験結果より得られた方程式と多層弾性理論解析を用いて、輪荷重作用下での弾性係数を予想する反復計算技術についての紹介を行っている。

南アフリカ共和国オレンジフリー州の金鉱地区で、路盤材として金鉱からの廃材を碎石層に用い舗装を行った国道30号において、RSPP, HVS, MDD等の試験より、路床の材料定数および弾性係数の測定を行っている。

ペンシル型せん断圧力計 (PSPP) は重車輛シミュレータ (HVS) の試験結果との比較より、弾性係数を求めるための効果的な決定法であると考えられるが、より効果的に経済的に使用するためには現場試験法である動的貫入試験 (DCP) およびFWDとの相関を検討する必要がある。

種々の文献よりの引用が多いため、参考文献をある程度理解する必要がある。

(1) Serfass. J. P., Bauduin. A. and Garnier. J. F. (フランス)

(2) High Modulus Asphalt Mixes Laboratory Evaluation, Practical Aspects Structural Design

(3) pp.275~288

(4) 高弾性アスファルト混合物に関する性状、供用性および構造設計について

(川西礼緒奈)

(5) フランスでは1970年代半ば頃より高弾性アスファルト混合物が用いられ様々な試みが行われてきた。その中でも主なものに高粘性アスファルト、改質アスファルトおよびポリエチレン改質アスファルトをそれぞれ用いたアスファルト混合物がある。本論文では、これら高弾性アスファルト混合物の評価として室内実験による性状および実施工による供用性能を確認し、相関性を求めると同時に舗装構造に与える影響について述べたものである。

本研究における評価指標として圧縮強度、引張強度、静的はく離、疲労特性、低温性状等を取り上げ、室内実験

を実施すると同時にこれら特性値と実際に供用した場合の性状との相関性を求めている。さらに、これら高弾性アスファルト混合物が舗装構造に及ぼす影響について述べている。

本研究より上記3種類のアスファルトを用いた場合、強度、永久変形抵抗性、はく離抵抗性が極めて高いことが判明し、また低温安定性も従来のアスファルト混合物より向上、場合によっては高温時の安定性が改善されるケースも確認されたと述べている。さらにはこれら高弾性アスファルト混合物によって舗装厚を通常のものより薄くすることが出来るので、特に都市部の道路において打ち換えまたはオーバーレイを施す場合には非常に経済的な混合物であることを唱っている。

(1) Southgate. H. F. and Mahboub. K. (USA)

(2) Modeling Strain Distributions in Flexible Pavements for Variable Loads and Tire Contact Pressure Distributions

(3) pp.289~302

(4) 荷重およびタイヤ接地圧分布を変化させたときのたわみ性舗装のひずみ分布

(吉村啓之)

(5) 本論文は実際のタイヤ接地圧と同じような接地圧分布を舗装表面に載荷したときのひずみ分布を計算し、従来の等分布荷重載荷時のひずみ分布と比較したものである。接地圧分布を変えたときのひずみの計算はCHEVRON N層プログラムの改良版を用いて行った。計算点はタイヤ中心直下、タイヤ端部直下、タイヤ中心と端部の中間点直下とした。計算結果から、接地圧分布を変化させると、せん断ひずみの分布が著しく異なり、アスコン層中のせん断引張りひずみの最大値が表面から約25mmの位置に、せん断圧縮ひずみの最大値が表面から約75~100mmの位置に生じることがわかった。この傾向は他のひずみ成分を考慮したひずみエネルギーで整理すると顕著となる。著者らは舗装表面付近に粗い粒度のアスファルト混合物を使用し、層厚の深さとひずみの最大値の深さをずらすことによって、わだち掘れに抵抗できると提言している。本論文は計算ひずみの解析結果での提言であるため、実測値での検証が必要と思われる。

(1) Terrel. R. L., Al-Swailmi. S., Al-Soaib. A. and Allen. W. L. (USA)

(2) Water Conditioning of Asphalt Concrete Mixtures Using the Environmental Conditioning System (ECS)

(3) pp.303~317

(4) 環境条件システム (ECS) によるアスファルト混合物の耐水性評価

(伊藤達也)

(5) アスファルト混合物の耐水性を評価する試験として、環境条件システムが開発された。

本論文では、本システムの紹介とこのシステムを使用した耐水性試験結果を述べている。

このシステムは、環境キャビネット (温度、湿度の制御)、流体条件 (圧力、流れ、pHの制御)、繰返し荷重 (応力、ひずみの制御) の3つのサブシステムからなり、環境キャビネット内には、三軸圧縮試験装置が組み込まれ、水、温度などの環境条件を与えながら、静荷重や繰返し荷重の載荷が可能で、物性試験も同時に行えるものである。

耐水性試験では、試験条件 (湿潤・飽和状態、静荷重・繰返し荷重、凍結・加熱) が異なるアスファルト混合物において、6時間毎の物性変化を、三軸試験におけるレジリエントモジュール (M_R) と透水係数で調査した。

その結果、試験終了後の供試体を割った面の剝離率は各条件下で異なり、試験前後の M_R 比が小さなものほど剝離率は大きく、 M_R 比は耐水性の評価指標として有効であることがわかった。

耐水性を評価する試験は、供試体に環境条件を与え、その後試験を実施するものがほとんどである。しかし本システムは、環境条件と荷重条件を同時に与えることができ、より実際に近い促進シュミレート試験装置といえる。この試験システムを使用した研究は、SHRP計画の一部として現在進行中であり、最終的な試験方法や結果の報告がまたれる。

(1) Thompson. M. R. (USA)

(2) ILLI-PAVE Based Conventional Flexible Pavement Design Procedure

(3) pp.318~333

(4) たわみ性舗装設計法 "ILLI-Pave" について

(谷口豊明)

(5) イリノイ大学で開発されたたわみ性舗装の設計法の概要について紹介し、ShellおよびA Iの設計例と比較して同法の妥当性を示したものである。

ILLI-Paveは、アスファルトコンクリート表層、粒状材の上・下層路盤および路床からなる舗装構造の設計方法

で、有限要素法により構造を解析するものである。本法の特徴は、実用性を考慮して、日常的に設計断面を比較検討できるように、アスコン層下面のひずみ、路床面の応力および舗装表面のたわみを電卓などで計算できる式を示している点と舗装寿命と表面たわみの関係から表面たわみのバラツキ（ほぼ同一の測定条件下）を考慮して、設計の信頼性レベルを許容軸荷軸数（N）に反映させている点で、50%を標準レベルとし、それ以上のレベルについてはNに対する係数を算出するものである。なお、アスファルトコンクリートの温度-弾性係数の関係はA IのMS-1を基本として採用し、イリノイ州における温度条件は5月を標準としている。

ShellおよびA Iの方法と設計断面を比較した結果、信頼性レベルを50%とした場合、同法はShellとA Iの中間に位置する断面を与えるものとしている。

有限要素法による構造解析を基本としながらも、材料、路床、温度、交通など種々の条件に対し、実務レベルで電卓などにより様々な比較検討ができるよう実用性を重視した点が意義深いと思われる。

(1) Uzan. J., Witczak. M. W., Scullion. T. and Lytton. R. L. (USA, イスラエル)

(2) Development and Validation of Realistic Pavement Response Models

(3) pp.334~350

(4) 舗装の応答モデルの開発とその妥当性

(田中秀明)

(5) 舗装材料の中で、粒状材の材料特性は以前から室内試験によるレジリエントモジュラスとポアソン比等により示されている。また、舗装材料が非線型を示し、荷重下の挙動に依存していることから、たわみ性舗装の設計においても荷重により生じる有効応力と変形特性を把握することは重要なことである。本論文は、室内試験による粒状材の材料特性およびその特性と現場たわみ測定データを用いての舗装応答について述べたものである。

荷重下における粒状材料の挙動特性を評価する方法として、三軸試験を用いて粒状材料のレジリエントモジュラスならびにポアソン比の評価、また、構造的な面から、FWDならびにマルチデプスデフレクトメータ（MDD）から得られた現場たわみ測定データと上記で述べたポアソン比を用いての非線型、線型解析等について述べている。

本論文により、粒状材のポアソン比はある応力レベルにおいて0.6~0.7程度の値を示し、この材料特性を適用することにより現実的な応力分布を示した。また、FWDとMDDによるたわみを組み合わせて弾性解析を行うことにより、荷重下における舗装応答モデルの適用が可能であることが確認されている。

本研究は、たわみ性舗装の荷重による応答を理解し、舗装設計システムの確立を目的とした研究成果の一部である。また、本論文はSHRPのプロジェクト計画の一端となっており興味ある文献である。

(1) Valkering. C. P., Stapel. F. D. R. (オランダ)

(2) The Shell Pavement Design Method on a Personal Computer

(3) pp.351~374

(4) パソコンを用いたシェルの設計法

(横山 稔)

(5) 1963年に、AASHO道路試験の結果及びそれまでの実験研究結果をもとに、たわみ性舗装の一連の設計チャート図を発表した。1978年には、それをもとに舗装の設計に必要なパラメータを組み込み、道路設計者にとって使い易いようにチャート図や表を掲載したシェル舗装設計法を発表した。(Shell Pavemend Design Manual, SPDM) 本研究においては、この設計システムをパソコンで利用できるよう、プログラム化したものである。

このコンピュータパッケージには、それぞれ独立したモジュールで構成されており、この中にはすでに発表したBISARも含まれている。詳細は以下の通りである。

1. アスファルト層厚
2. 気候がアスファルト舗装に与える影響
3. 交通荷重と舗装設計
4. アスファルト単体のスティフネス
5. アスファルト混合物のスティフネス
6. 路盤及び路床の特性
7. 舗装モデル
8. ひずみ計算 (BISAR)
9. 舗装のひずみと舗装の寿命の関係
10. 設計寿命を満たすための舗装構造

上記のような経過を踏みパソコンを用いて短時間に誤差も少なく、アスファルト層の層厚を決定することができるようになった。

日本においても、アスファルト舗装要綱の中でこういった解析手法について触れられているが、今後こういう手法が普及すれば、応用用途は拡大するであろう。

(1) Vos. E., Galjaard. P. J. and Allaaart. A. P. (オランダ)

(2) Structural Design of Roads Structures with Unbound Granular Bases and Subbases

(3) pp.375～389

(4) **粒状材系の路盤をもつ舗装構造**

(田中輝栄)

(5) 本論文は、オランダにおける主要な舗装構造を念頭に置き、粒状材系の路盤をもつ舗装に対して、解析モデルを開発し、それを用いた力学的な解析結果について述べられたものである。

解析方法は、非線形の弾性モデルに基づき、DIANAと呼ばれる有限要素法のプログラムを用いて行われた。モデルの各パラメータは、室内での繰返し三軸圧縮試験に基づき決定された。また、本解析による計算値は、フルスケールの試験舗装により求められた測定値と比較することにより、その有効性が検討された。

本研究により得られた成果は、粒状材系の路盤をもつ舗装に対して、非線形なG-Kモデルにより、応力、ひびき、変位の計算が可能であり、また、試験舗装による測定値との比較においても信頼性が得られた。

オランダにおける路床の状況は、大部分の地域が粘性土やピートであるということであり、そのことから本論文に示されている舗装構造が主要なものとなっているようである。したがって、日本においては、特殊な箇所に限られた舗装と考えることができるが、そのような箇所については、参考になる文献であろう。

(1) Qisen. Z., Yun. L. (中国)

(2) The Reliability Analysis of Flexible Pavement

(3) pp.390 (本文は別刷り)

(4) **たわみ性舗装の設計法の信頼性**

(野村健一郎)

(5) たわみ性舗装の設計法について、現行の決定論的な設計方法から確立論的な設計方法への移行を議論するには、設計法の信頼性が重要な課題となる。本研究では、これを踏まえて、中国交通省により1986年に制定されたJTJ014-86に示されるアスファルト舗装の設計法をベースとし、たわみ性舗装の設計法の信頼性に関して検討している。

本研究では、たわみ性舗装の信頼度の算出式を示し、室内実験およびフィールド実験データをベースに、設計に関わるパラメータおよびコントロールインデックスについて統計的な分析を実施している。なお、パラメータとしては、①舗装厚さの確率分布、②路床および舗装材料の弾性係数の確率分布、③アスファルト混合物層の曲げ強さの確率分布、④幅員方向の車両の走行位置の確率分布、⑤交通量の伸び率等を取り上げている。また、コントロールインデックスに関しては、モンテカルロ法シミュレーション分析を応用し、①舗装表面に生じるたわみ、②舗装下面に生じる曲げ応力等取り上げている。

本研究により、舗装の信頼性に対してはパラメータの変動が大きく影響することが明らかになった。なお、これらの成果を更に生かすには、舗装の信頼性に関する研究を今後も進めることが重要である。

中国におけるたわみ性舗装の実態等に興味のある方は、一読されてはいかか。

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

(1) Bell. C. A., Abwahab. Y., Kliewer. J. E., Sosnovske. D. and Wilder. A. (USA)

(2) Aging of Asphalt-Aggregate Mixures

(3) pp.1~15

(4) アスファルト混合物の老化促進方法の検討

(山本達哉)

(5) 本研究はSHRP A-003Aの一環として、アスファルト混合物の老化をシミュレートできる室内老化促進方法の開発を目的としている。

本研究では、混合物の製造時および施工中の老化を想定したSTOA (short-term oven aging method) ならびに供用中の老化を想定したLTOA (long-term oven aging method) の温度条件、両者を組み合わせた時の試験条件のほかアスファルト、骨材の違いによる老化の傾向の違いについて検討を行っている。

検討にあたっては、AAK-1, AAG-1の2種類のアスファルトとRL, RBの2種類の骨材を用いてSTOA, LTOA実施時の温度を変え、混合物のレジリエントモデュラスやアスファルトの粘度の変化から老化促進効果の違いを比較している。

本研究により、①アスファルトの種類によって老化の傾向が異なる、②アスファルトと混合物の老化の傾向は異なる、③アスファルトや骨材には、促進効果を抑制するものがある、④LTOA, STOAの温度は、それぞれ107℃と135℃での効果が大きく、⑤混合物での評価には、実際と同じアスファルトと骨材を使用する事が望ましいが、骨材の違いによる影響は少ない、⑥アスファルト単体よりも混合物での促進効果が大きい、⑦配合設計には、LTOAを使用することが望ましい等が確認できた。

わが国でも、アスファルト混合物の老化促進方法の検討例が報告されており、本研究も参考になるであろう。

(1) Bonaquist. R., Witczak. M. W. (USA)

(2) Assessing the Nonlinear Behavior of Subgrades and Granular Bases from Surface Deflection Basins

(3) pp.16~31

(4) 表面たわみ形状より路床と粒状路盤の非線形挙動を評価すること

(遠藤 桂)

(5) 線形弾性たわみ形状解析では、しばしば非現実的な層係数を生み出すことがある。そこで表面たわみ形状測定より路床土および粒状上層路盤材料の非線形挙動を評価するための方法を開発し、証明することがこの研究の目的である。

開発された方法は、厳密には非線形解ではないが、ブーシネスクの点荷重解の数値積分法を用いて、非線形解の近似値を求めている。

この研究において、著者は以下のように結論づけている。

① この研究で開発した非線形変位解は、土および粒状路盤材の非線形挙動の妥当な近似を提供する。

② 数値最適化技術を用いて、非線形の材料係数は測定たわみ形状から決定可能である。

③ 重要なせん断応力効果を示すシルト質土と碎石骨材路盤のための非線形係数関係を得た。

動的載荷試験によるたわみ形状から層係数を求める際の、線形であるという仮定がしばしば問題になるが、近似解でありながらも非線形的解釈を与えた研究として注目できると思われる。

(1) Brennan, M.J., Clancy, F. (アイルランド)

(2) A New Initiative in Measuring the Fatigue Performance of Bituminous Materials.

(3) pp.32~46

(4) アスファルト材料の疲労特性を知るための新しい方法

(竹井利公)

(5) アスファルト材料の疲労特性を知るために、動的荷重と静的荷重の両方を用いて締固めた円柱供試体の2軸疲労試験を数種のアスファルト材料について行い、試験温度、骨材粒度、アスファルト含有量、載荷休止時間の影響の解析を行うとともに、異なった材料の特性比較を行っている。

この試験方法は広い試験温度範囲で実施でき、添加物を加えたアスファルト材料にも適用できる。

アスファルト材料の疲労特性を調べるためには、試験走行路等を用いる方法がよいが、設備が非常に高価なこと

から室内試験による方法が注目されている。このため、本文献は参考になると思われる。

- (1) Chong. K. P., Hasnur. R. and Han. J. K. (マレーシア)
- (2) Performance of Bituminous Road Pavements in Malaysia
- (3) pp.48~63

(4) **マレーシアにおけるアスファルト道路舗装のパフォーマンス**

(野村敏明)

- (5) マレーシアの全道路延長は6万kmであり、80%が舗装（そのうち20%は国の設計基準によらないで、20~30年前に施工されたもの、残りはRoad Note 29, AASHTO法およびマレーシア技術指示書5/85に基づいて設計されたもの）されている。舗装破損の主なもの、既設舗装からのリフレクションクラックとアスファルトの劣化によるアスファルト表層のクラック、さらに交差点などの特殊な箇所でのわだち掘れである。これらの維持修繕費は年間5,300万USドルにもおよぶため、マレーシア公共労働省(JKR)は舗装管理システムの導入を図るなど、舗装パフォーマンスの向上に関する研究を開始した。

舗装破損の防止のために、舗装構造（特にオーバーレイ厚）および材料（バインダー劣化によるパフォーマンスへの影響）に関するデータをFWD等を用いて収集し、パフォーマンスの比較評価を行った。

その結果、①ジオテキスタイルの利用によりリフレクションクラックを遅延させることが可能である、②わだち掘れ対策としてポリマー入り改質アスファルトが有効である、などの成果が得られた。

マレーシアでは道路ネットワークの急速な拡大と交通荷重の増加とともに、舗装破損が進み効率的な維持管理システムを必要としており、日本の実状と大差ないようである。アジア諸国の論文はこれまで数少ないので参考になる文献といえる。

- (1) Dohmen. L. J. M. and Molenaar. A. A. A. (オランダ)
- (2) Full Scale Pavement Testing in the Netherlands
- (3) pp.64~82

(4) **オランダにおける実スケールでの舗装試験**

(増山幸衛)

- (5) メンテナンスフリーの舗装を目標とした時、増加する交通荷重の影響や新しい材料例えばコンクリート廃材などを使用した場合の舗装の挙動を知ることは非常に重要なことであり、SHRPでもそれが試みられているが、そこで用いられている手法の一つに促進荷重装置(ALTF)を使用した試験がある。本論文は、オランダにおいて行なわれた、以下のテーマのここ数年の行なった研究成果を報告したものである。a: 繰り返し荷重による舗装の挙動、b: ALTFを用いての疲労に関する舗装の挙動、c: ALTFによる輪荷重に対する舗装の応答性。

試験は、実スケールの舗装を作成し、その上をALTFを走行させ、促進荷重による試験を行なっている。また舗装の評価については、FWDによりたわみ形状を測定すると同時に逆解析を行ない、計算値と実測値との比較も行なっている。

それらの結果として、繰り返し荷重による試験では、アスファルト層へ対し、応力載荷時間の条件を変える周期的な荷重を用いたが、応答性については、良い結果を示したものの、疲労などの挙動を知るための試験ではそれほどの成果は得られなかった。またFWDを使用して求めたたわみ形状から逆解析した結果、実験室で決定したスティフネスの値と非常によく一致していることなどが報告されている。

本研究は、SHRP計画でのオランダにおける現状の報告であるが、実スケールでのALTFを用いての試験及び温度のスティフネスに対する影響など、興味深いデータが示されている。

- (1) Eisenmann. J., Lempe. U. and Neumann. U. (ドイツ)
- (2) Effect of Polymer Modified Bitumen on Rutting and Cold Cracking Performance
- (3) pp.83~94

(4) **わだち掘れ及び低温ひび割れに対する高分子改質アスファルトの効果**

(佐々木蔵)

- (5) 重交通道路に用いる舗装用結合材料には、高温時の変形と低温時の温度応力に対する抵抗性が重要な所要性能となる。このため、動的荷重応答、わだち掘れ、温度引張応力と応力緩和性状を調査し、改質アスファルトの効果を理論的に検討し、混合物中の力学解析を行ったものである。

アスファルト混合物の動的せん断試験により、動的レオロジー特性の試験を行っている。さらにわだち掘れの再現試験として、大きな輪荷重の繰り返し載荷を想定したせん断衝撃クリープ試験や、全舗装構成厚による実大ホイ

ールトラッキング試験などを実施して、種々の改質アスファルトの効果を試験している。低温性状としては、冷却時の引張応力測定や、低温のストレスリラクセーション試験をおこない低温性状の力学解析を行っている。

種々の試験結果では、動的弾性率や繰り返し衝撃クリープ、温度応力や応力緩和現象について、バインダーの種類や層ごとの配合構成に応じて顕著な差異がみられ、舗装の性能に関連した特性値の検討が行われている。

最近、材料の仕様や配合設計法が根本的に見直されようとしているが、荷重の作用条件や環境条件に応じて、材料の特性や配合効果に対する力学的状態を新しい手法から検討した本研究は、貴重な参考資料となるであろう。

(1) Kanerve. H. (USA)

(2) Effects of Asphalt Properties on Low Temperature Cracking of Asphalt Mixtures

(3) pp.95~107

(4) **アスファルト混合物の低温クラックにおけるアスファルト特性の効果**

(岡藤博国)

(5) 従来より舗装の低温クラックについて、針入度や粘度、フラース脆化点、軟化点等に着目して多くの研究がなされてきた。本論文は、低温時のクラックの特性について最も影響を及ぼすファクタを決定し、クラック発生メカニズムを確立しようとしたものである。

著者は、針入度や産地の異なる9種類のアスファルトと2種類の粒度の供試体を用いて低温時の温度応力クラックの室内実験 (RESTRAINED STRESS BEAM TEST) を行った。またアスファルト混合物の特性を知るため針入度、スティフネス、フラース脆化点、TFOT、DSC等の試験も行って低温時のクラックとの関係を調べている。

実験データに基づいてアスファルト混合物のクラック発生温度の予測が可能となった。クラック発生温度は低温時の針入度、スティフネス、フラース脆化点、ガラス板上の供試体のクラック発生温度、30℃での締固め時のエネルギー損失に関係あることがわかった。特に5℃での針入度はおよびTFOTの残留物の針入度はクラック発生温度の予測に重要であり、-2℃での引張強度と10℃のレジリエント係数は、クラック発生温度と相関があることがわかった。

本研究は、低温時の温度応力クラックとアスファルトおよび混合物の特性の関係を調べたもので寒冷地舗装におけるアスファルトの改質について一助となるであろう。

(1) Hiersche. E.U. and Freund H.J. (ドイツ)

(2) Technology and In-Situ Trial of a Noise Absorbing Pavement Structure

(3) pp.108~117

(4) **吸音性舗装の現況と今後について**

(西川 毅)

(5) 吸音性舗装の耐久性や吸音機能について、大学の研究所によって骨材プラント構内で実施された試験舗装の2年半後の調査結果をもとに論議されている。高い空隙を有するアスファルト舗装は、車両の高速走行時、都市部における低速走行時、また、加速時などの騒音の拡がりを抑えることができる。そういった機能は、舗装の目つぶれ等の汚れ具合に大きく依存するものであるため、舗装の維持修繕作業は、定期的に行われなければならない、その方法やサイクルについては、コスト面も含めて今後の調査を必要とするものである。環境問題の間われる現在、排水性舗装にも関連付ける意味で、参考になると思われる。

(1) Emile Horak, F.C. Rust (南アフリカ)

(2) The Performance and Behaviour of Bitumen Emulsion Treated Road Bases in South Africa

(3) pp.118~133

(4) **アスファルト乳剤の既設改良路盤層への適用**

(伊藤邦彦)

(5) 表層に損傷が発生している道路で、セメント改良された路盤層をアスファルト乳剤で再改良した時、表層へ与える影響 (ひびわれ・わだち) を、実際に供用中の道路でフィールド実験に基づき確認した。

表層に損傷の見られる重交通道路で、セメント改良されている既設路盤に、アスファルト乳剤を1%きざみで1~5%添加し、路盤層のみを再改良する。その時、舗装各層に与える弾性係数の経時変化、HVS (Heavy Vehicle Simulator) により軸重を変化させ、表層の路面条件により、わだち掘れ量がどのように変化するか。又、その時の表層のひび割れ発生量を測定し、既設セメント改良路盤のリハビリテーションとしてアスファルト乳剤の妥当性を検討した。

この結果、アスファルト乳剤の最適添加量として2～3%という値が得られた。(アスファルト乳剤の添加量に対して、弾性係数の変化をフィールドと室内で比較した時、高い相関関係があることも確認された)。更に、石炭やセメントを1～2%併用添加することで、その改良効果は向上することが確認された。又、HVS実験の結果、アスファルト乳剤による再改良路盤は破壊することなく、むしろ弾性係数の向上が認められた。

本報告は、南アフリカ共和国で実際の道路を用いた、フィールド実験に基づきまとめられたものであるが、気候条件や通行車両条件等、様々な道路条件を考慮すると、我国での使用はかなり限定された地域になるであろう。

- (1) Horak. E., Kleyn. E. G., Plessis. J. A., Villiers. E. M. and Thomson. A. J. (南アフリカ)
- (2) The Impact and Management of the Heavy Vehicle Simulator (HVS) Fleet in South Africa
- (3) pp.134～150

(4) **南アフリカにおけるHVS (Heavy Vehicle Simulator) の利用と効果** (峰岸順一)

- (5) 舗装の供用性の促進試験は、代表的なものとして1960年代初頭のAASHO道路試験があり、各国の設計法に影響を与えた。しかし、AASHOのデータの利用は、地域的な条件などから制限されるものであった。HVSは、これらのデータと地域的な知識や経験のギャップを埋める促進試験として南アフリカで1970年代初頭にプロトタイプが開発され、その後改良が加えられ現在に至っている。本文では、HVSシステムについて開発と適用、効果についての紹介が述べられている。

HVSシステムの特徴は次のとおりである。①移動式(自走可能、事務スペース所有、宿泊可能、燃料タンク所有)で異なった測定地点へ移動が可能である。装置は、油圧で稼動し、輪荷重20～100kNを8mの間隔で前後させ載荷することができる。②HVSシステムでは、輪荷重の読み取りと累積、RSD (Road Surface Deflectometer) によりたわみ形状を測定、試験道路表面の横断形状の測定、MDD (Multi-Depth Deflectometer) により舗装の深さ方向の弾性的たわみおよび永久変形を測定、放射線装置により密度・水分量を測定、CAM (Crack Activity Meter) によりひびわれ進行状態の測定、DCP (Dynamic Cone Penetrometer) による測定、およびアスファルト層の温度、気温、降雨量の測定が可能である。

南アフリカにおいてHVSは、設計技術者および調査技術者にとって唯一の有用な道路の供用性の把握と設計手段とされている。また道路の長期供用性のモニタリングシステムとしても利用されている。

今後、我が国においても、独自の交通条件や環境条件を考慮した舗装設計の検討を行ったり、新材料や新工法を底コストで早期に評価するためにも是非必要なシステムであり、参考となる論文である。

- (1) Hughes. D. A. B., Rogers. C. D. F. and Faddaoui. H. A. R. (英国)
- (2) The Structural Performance of the Thinly-Surfaced Road Pavements
- (3) pp.151～164

(4) **舗装構造が路面上のたわみにおよぼす影響** (山本達哉)

- (5) 本論文は、路盤厚さと使用材料の品質が瞬間的な舗装のたわみと曲率半径に及ぼす影響を調べるために行った試験について述べたものである。

粘性土を路床とするテストピットに砂、砂利および砕いた石灰岩碎石を用いた各々3種類の厚さの路盤上に、乳剤シーラーによる薄層の表層を有する舗装を構築し、繰り返し載荷試験を実施して、カーベチャメータとLVDTをもちいて、路盤材料および路盤厚さとたわみの関係を調べている。

その結果、以下のことが明らかになった。

- ① 路盤厚が大きくなると、弾性たわみは減少しスティフネスが大きくなる。
- ② 路盤厚により、破壊の形態は異なる。
- ③ 厚さに応じた危険度は、路盤層のModular Ratioから判別できる。
- ④ 路盤厚と舗装のスティフネスが大きくなると、たわみの曲率は大きくなる。
- ⑤ 曲率半径とSCI (Surface Curvature Index) のあいだに相関が認められた。

路盤の材質と厚さが舗装のたわみに与える影響について述べている本論文は、同様の断面の簡易舗装等の挙動を考える際に、参考になるものと考ええる。

- (1) Anastasios. M. Ioannides (USA)
- (2) Mechanistic Performance Modeling : A Contradiction of Terms ?
- (3) pp.165~179
- (4) **力学的供用性モデルの進展について** (佐藤雅規)
- (5) 最近の舗装の供用性予測モデルは、力学的および経験的な2段階の方法を用いている。その結果は、一般に舗装の破壊要因の個々の予測や、等価単軸荷重(ESAL)の繰り返し回数の許容値の予測となっている。これは、ESALの概念であるAASHOのPSI式やマイナーの累積線形疲労則のような、統計的-経験的方式が、舗装の供用を通して後に解明されるものであるため、今後の未来予測を行うことは、困難なものとなっている。そこで本研究では、この2つの相反する方法の関係について論じている。
- 本研究では、一般に供用性予測プログラムとしてよく知られているVESYSを用いて、個々の破壊要因および、6地域での現場実証を行っている。
- この結果、2段階の方法による力学と経験的なアプローチを試みる予測プログラムは、一般的に信頼性の乏しいものであることが示された。そして、この成果をもとに供用性予測プログラムの開発にむけて、ESALの等荷重換算という概念よりむしろ、交通荷重の大きさの変動の重要性を示している。また、米国連邦航空局がこの力学的アプローチを用いて混合交通の影響を考慮して三次元的な解析の開発を進めていることを紹介している。
- 本研究では、舗装の供用性予測モデルの時代的背景および、今後の進展について示唆しており、参考となる文献であろう。

- (1) Jameson. G. W., Sharp. K. G. and Vertessy. N. J. (オーストラリア)
- (2) Full-depth Asphalt Pavement Fatigue under accelerated Loading
- (3) pp.180~200
- (4) **促進載荷におけるアスファルト舗装の疲労** (梅野修一)
- (5) この論文はアスファルト舗装の疲労について明らかにするために促進載荷試験を行っている。FWDたわみと舗装表面温度から逆解析で得られたアスファルトスティフネスと舗装表面のクラックの関係について述べている。舗装表面のクラックが生じていないにもかかわらず載荷回数が増えるにしたがってアスファルトのスティフネスが減少することを実験的に明らかにしている。

- (1) William. J. Kenis (USA)
- (2) Primary Response Under Heavy Truck Traffic
- (3) pp.201~215
- (4) **実車の走行による舗装体の主要な応答について** (佐藤雅規)
- (5) 過去の20年間を通して、舗装の設計を適用するために、線形と非線形の弾性または粘弾性の層理論を確認する多くの試みがなされた。1950年代にオタワとイリノイ州で試験舗装が行われ、実車による測定概念が出現したことは大変有意義であった。つい最近、機械工学者と舗装工学者がチームとなって、車種やそのタイヤ圧、軸形態による舗装体への動的伝達力についての研究が行われた。
- 本研究では、バージニア州マクレーンのターターフェアバンク道路研究センター(TFHRC)で1990年に作られた試験道路において、舗装の主要な応答を測定した結果をまとめたものである。試験の内容は、舗装体の中に埋め込まれたLVDTによって、各層でのひずみとたわみ量を測定するものである。載荷方法として、ひとつにはFWDによる方法、もう一方が、3種類のトラックで速度を8 km/hと73km/hの2種類として測定を行った。また、試験は年間を通して行われ、多くの条件における測定値が得られた。
- その結果としては、車の速度が舗装体の応答に与える影響は大きく、測定位置による変化も大きいということであった。しかし、得られたデータがまだ少ないため、理論的検討には至っていない。
- 本研究は、試験舗装道路での速度における舗装体への影響を調べており、その測定方法のノウハウや問題点を知る上で、良い文献となっている。

- (1) Lee. H., Mclean. D. I. and Oshima. H. (USA)
- (2) Measuring Pavement Deflections Using Laser Imaging
- (3) pp.216~227

(4) Laser Imaging法による舗装のたわみ測定

(湯川ひとみ)

- (5) 現在、舗装の構造評価にはベンケルマンビームやFWDのような非破壊試験が用いられているが、破壊試験と同様、これを実施するに当たってはある程度の交通規制の必要性が生じる。本論文は交通規制を必要とせず、かつ迅速な測定が可能なLaser Imaging法を用いた自動たわみ測定法について述べたものである。

レーザ、ビデオカメラおよび解析装置からなる本システムは面状レーザ光を舗装表面に当て、路面に作られた投影像をビデオカメラが捉え、その形状をパソコンで解析することにより、鉛直たわみを得ることが出来る。

室内試験でスパン約2mのコンクリート版に集中荷重を作用させ、本システムとLVDTの測定変位量との比較を行った。ビデオテープに記録されたデータはITI151 (Imaging Technology Inc.) というプログラムにより増幅し、いくつかの過程を経た後、鉛直たわみが求められる。コンクリート版下面に取り付けたLVDTによる版の変位測定結果から、両者の相関係数は0.99と良く一致することが分かった。

著者が述べているようにLaser Imaging法はまだ実験段階にあるが、今後これが実用化された場合、高速かつ安価な舗装のたわみ測定が可能となるであろう。

(1) Livneh. M. and Siddiqui. M. H. (イスラエル)

(2) Assessment of Radar Technology for Determining The Thickness of Pavement Layers

(3) pp.228~244

(4) 舗装厚測定に利用するレーダ技術の評価

(村田信之)

- (5) 既設舗装の状態を効率良く評価するためには、舗装厚を連続的に測り得る非破壊測定技術の確立が必要である。本論文は、レーダ探査技術を利用した舗装厚測定の可能性について述べたものである。

本研究に用いたレーダシステムは、GSSI Ground Penetrating Radarと呼ばれ、電磁波が誘電率の異なる物質の境界面で反射する性質を利用して舗装厚を検出するものである。本研究では、レーダによる舗装厚測定の原理、アスファルト混合物層と粒状路盤層の測定精度、検出波形の特徴等を室内及びフィールド試験を通して解明している。

本研究によれば、アスファルト混合物の層厚を15~20%レベルの精度で測定することができ、舗装厚測定レーダの実用化は十分可能であると結論している。測定精度は、主として混合物の比誘電率の設定手法に起因するもので、各測点毎に適切な比誘電率を設定すれば精度を10%程度に引き上げることが可能であるとしている。

舗装厚測定レーダは、FWD等による舗装の構造診断をはじめ、修繕区間の設定や修繕方法の選定といった維持修繕システムへの活用、アスファルトフィニッシャの敷き均し厚の管理といった施工の合理化への応用等、今後の発展が期待される。

(1) Maser. K. r., Scullion. T. and Briggs. R. C. (USA)

(2) Use of Rader Technology for Pavement Layer Evaluation

(3) pp.245~262

(4) 舗装の層評価におけるレーダー技術の使用

(鈴木康豊)

- (5) 舗装を評価する場合、各層の厚さの情報が必要であり、その厚さを測定するために、地中レーダーを使用し、正確さ、信頼性、実用性について説明したものである。

地中レーダーを搭載した車両から、舗装面より電磁波を送り、各層の境界面での反射波を受信し、各層の厚さを測定するものである。地中レーダーにより測定されたデータは、プログラム処理され、これと直接測定したデータとの比較をし、地中レーダーでの測定による層厚の予測を行った。

今回の研究では、地中レーダー解析モデルによるアスファルト層の厚さ測定で、キャリブレーションを行わない場合は、7.67mmの誤差があるが、キャリブレーションを行う事により2.8mmまで誤差が縮小される。路盤の場合は、25mm以内まで誤差が小さくなる。また、地中レーダー解析モデルでは、実測値よりもやや大きくなる傾向がある。将来は、アスファルト層と路盤層の物理的特性を組み入れた改良モデルにより、より正確な予測ができるようになる。

本研究では、非破壊により舗装の各層厚を求めている。わが国においても、舗装構成が判明する事により、補修工事の事前調査やFWDへのデータ供給等に大きく貢献できるであろう。

- (1) Matsui. K., Inoue. T. and Sampei. T. (日本)
 - (2) Reflection of Model and Measurement Errors on Stiffness Estimates
 - (3) pp.263~276
 - (4) **舗装各層の弾性係数推定におけるモデルおよびたわみ誤差の影響** (村田信之)
 - (5) FWDによる表面たわみから舗装の弾性係数を推定しようとする手法は近年の国際会議で数多く発表されているが、その推定値に対する各種誤差の影響についてはほとんど論じられていない。本論文は、各種の誤差および路床面以下に存在する堅固な層が弾性係数推定値に及ぼす影響について述べたものである。
 本研究では、弾性係数に影響を与える因子として、舗装各層の層厚、ポアソン比およびたわみ測定値の誤差を取りあげ、モンテカルロシミュレーションと数値解析による検討を行っている。また、路床面以下に堅固な層が存在する場合、堅固な層の弾性係数の大きさと路床面からその層までの深さが弾性係数推定値に及ぼす影響を解析的に求めている。これらの逆解析には非線形最適化手法の一つであるGauss-Newton法、構造解析には多層弾性理論を用いている。
 結論として、①表層厚の誤差は表層の弾性係数推定値に顕著に現れる、②ポアソン比はあまり影響を与えない、③荷重載荷近傍のたわみデータは表層の推定値に大きく影響する、④表層における全ての誤差の影響は変動係数でおよそ45%である、等が示されている。
 本論文は、逆解析によって得られた弾性係数推定値の信頼性を検討する上で、興味深い内容であろう。
-
- (1) Matsuno. S. and Nishizawa, T. (日本)
 - (2) Mechanizm of Longitudinal Surface Cracking of Asphalt Pavements
 - (3) pp.277~291
 - (4) **アスファルト舗装の縦表面ひびわれのメカニズム** (西沢辰男)
 - (5) アスファルト舗装の車輪走行位置付近において縦方向に表面から発生するクラック (LSC) の発生メカニズムを解明することが本研究の目的である。LSCについては興味深い事実がある。それはLSCが連続して発生している舗装においても横断構造物の日陰になる部分ではそのようなクラックが消滅してしまうというものである。また理論計算によれば、舗装表面が低スティフネス状態のとき、タイヤ端部にかなり大きな引張ひずみが生ずる。これらのことから、舗装表面が高温のときタイヤ端部に発生する引張ひずみがLSC発生原因ではないかという仮説をたて、FEMによる計算から検討する。
 軸対称FEMを用い、日陰と日向の舗装体内の温度変化を考慮してタイヤ端部のミクロなひずみ状態を調べている。特にタイヤ端部はひずみ状態が急変する場所であるため、その部分の要素を非常に細かくして解析する手法として、破壊力学の分野で用いられているステップ解法を採用している。またマイクロクラックが発生した後のひずみ状態についても解析している。
 舗装表面が高温な場合、タイヤ端部には大きな引張ひずみが生ずることが確認された。またこれらの値は舗装構造にあまり依存しないことも分かった。さらにマイクロクラックがある場合、その先端には大きな応力集中が見られ、これがクラックをさらに成長させるものと思われる。
 舗装表面からのクラックには各国の舗装技術者 (特に現場の) も頭を悩ましているようで、関心はかなり高いように感ぜられた。ただ系統的な研究は殆どなされていないため、表面クラックの種類すらはつきりしていないのが現状である。この方面のより幅広い研究が必要であると思われる。
-
- (1) Rust. F. C., Coetser. K. and Verhaeghe. B. M. J. A. (南アフリカ)
 - (2) The Evaluation of Six Modified Binder for Retardation of Cdrack Reflection Through Laboratory Studies and Field Work
 - (3) pp.292~306
 - (4) **リフレクションクラックに関する一考察** (飯田健一)
 - (5) 世界の国々でアスファルト舗装に生じたクラックの修繕に多大な費用を費やしている。本論文では、リフレクションクラック修繕について室内検証試験に基づいた試験施工結果について述べられている。
 本研究では、リフレクションクラックの修繕方法として、改質バインダーを舗装表面に塗布する方法を用いている。そこで室内検証試験の方法は、6種類の改質バインダーを選定し、温度変化等によるリフレクションクラックに対するバインダーの抵抗性を検討している。さらに、試験施工では、その塗布量を変化させることにより28通り

の試験を実施した。また、本研究ではリフレクションクラックの計測方法として、CAM(The Crack-Activity Meter)を用いている。これは、クラックの水平・鉛直方向変位を計測し、その移動量を求めることに使用された。さらに、室内試験では、CMS (The Crack-Movement Simulator)を用いた。CMSは、現場におけるリフレクションクラックを室内においてシミュレートさせるものである。

本研究により、改質バインダーを用いることによりリフレクションクラックによるアスファルト混合物の破壊を防止することが可能である事、さらに、試験装置であるCAM、CMSが妥当であることも確認した。

リフレクションクラックの生じたアスファルト舗装の修繕方法としてジオテキスタイルを用いた施工事例が国内外で報告されているが、施工性等を考えると、本研究のようなバインダーを塗布する方が有意であると思われる。今後リフレクションクラックに関する研究をする上で参考になるであろう。

(1) Sanders, P. J., Verwey, G., van der Merwe, C.J. (南アフリカ)

(2) The Appraisal and Evaluation of an Asphalt Base Pavement on a Sandy Subgrade

(3) pp.307~322

(4) 砂質路床上のアスファルト路盤の評価

(伊藤春彦)

(5) 南アフリカ共和国、オレンジフリー州のウェルコム地区-国道30号において、様々な試験装置・供用性予測法を用いて舗装の評価を行うことを目的としている。

HVS, RSD, MDD, FWD, PSPP試験法が行われ、DCP法、AI法、南アフリカ設計手順法、TRRLによる表面たわみ法、イリノイ大学法、シェルオーバーレイ法より、現地にあった供用性予測法の検討を行っている。

本結果においては、破損係数(n値)が4よりかなり少なく、残存寿命が十分あると考えられるが、砂質路床上にアスファルト舗装を新設する場合は、適切な締固めを十分に行う必要がある。供用性の予測においては、表面たわみ測定を必要とするイリノイ大学法が最も適していると考えられる。

各設計法の違いについて詳しく調べる必要があると思われる。

(1) Stock, A. F., Planque, L. and Gunderson, B. (英国)

(2) Field and Laboratory Evaluation of Specialist High Performance Binders

(3) pp.323~337

(4) 高性能バインダーの屋外試験と室内試験

(佐々木巖)

(5) 1980年代から高速道路の舗装に特殊高性能バインダーが使用されることが多くみられてきている。これらのバインダーは、一般的に高分子材料を改質添加材として使用した改質アスファルトである。本研究は、これらの高性能バインダーを従来のアスファルトとともに屋外円形試験場及び実験室内によって比較試験を行ったものである。

試験材料には、従来のアスファルト(ドイツ規格B80)、樹脂改質バインダー、エラストマー改質バインダー3種類および高スティフネスバインダーの、合計6種類を使用している。耐久性の評価はカンタベリー大学の円形促進試験場における舗装走行試験、実験室における疲労試験などにより行っている。

円形試験場において、わだち掘れ、ひび割れ、FWDなどによる調査結果を累算解析した結果では、改質バインダーおよび高スティフネスバインダーは従来材料に比べて非常に良い結果が得られている。また、疲労試験においても良好な試験結果が示されている。

改質アスファルトは、舗装のわだち掘れやひび割れ対策として、日本では従来から広く用いられている。著者が文中にも述べているように、舗装材料の品質はSHRP計画など世界的に関心もたれており、今後の研究により高機能化がさらに進むであろう。

(1) Ullidtz, P., Stubstad, R. N. (デンマーク)

(2) Modelling of Pavement Performance.

(3) pp.338~355

(4) 舗装挙動のモデル化

(竹井利公)

(5) 舗装の設計方法においては、一般に寿命は、累積換算輪数で論じられることが多い。しかしながら、実際には気候条件、使用材料特性等も寿命に寄与している。

本論文では、それらの要因に対する舗装の挙動をモデル化して、実際の舗装の設計及び管理業へ利用を図ろうとしている。

舗装挙動のモデル化については、いくつか発表されているが、いづれも舗装劣化過程の複雑さから、平均的なもののモデル化を行ったために実際の現場とはギャップが生じることが多々あり、業務に利用されることは少かった。そこで、研究成果と業務間のギャップをなくすために、特定環境条件下でも使用することができるPERSモデルを提示した。

PERSを用いることで、あらゆる道路において合理的根拠で異なった維持修繕方法、及びその実施時期を比較検討することができるようになり、維持修繕にかかる費用の節減も可能となった。

本研究は、舗装挙動をモデル化し、業務への利用を図っていることから参考となる文献と思われる。

- (1) Assen. E. J. van, Volk. M. and Rust. F. C. (南アフリカ)
- (2) Quality of Bitumen in Asphalt Hot-mix with Emphasis on the Durability of Constructed Premix Surfacing
- (3) pp.356~371

(4) **舗装の耐久性に関する加熱混合物中のアスファルトの品質** (森久保道生)

- (5) 舗装材料中のアスファルト量は骨材の量に比較すると少ないが非常に重要な役割を果たしている。本論文では残留アスファルトの化学成分や柔軟性と新しい加熱混合物舗装の耐久性の相関関係を見だし、さらに簡便なアスファルトの品質評価試験法を検討したものである。

本研究は供用中の道路からコアを抜き取り、その残留アスファルトとオリジナルのアスファルトの性状の比較を行った。特にアスファルト成分中のアスファルテンに着目してアスファルトの柔軟性との相関を評価した。また、アスファルテンの簡易的な分析方法として、キシレンとノルマルヘプタンの比 (MXV) を用いた定量化を試みた。

本研究の結果Aging-Index {(芳香分+樹脂分) / アスファルテン} とアスファルトの柔軟性の間に相関があるが、針入度と柔軟性の間には必ずしも直接的な関係が無い事が確認された。さらに、簡易的なアスファルテン測定方としての、MXVを用いたアスファルテン量の定量化は実際の値とさほど大きな違いがないという結果を得た。

現在、舗装技術の向上と共によりよいアスファルトが求められている。今後、アスファルト性状の評価法として針入度及び軟化点などの物理的性状にとどまらず、化学的な分析が注目をあびるであろう。

- (1) Gurp. C. van (オランダ)
- (2) Impact of Season on the Structural Condition of Asphalt Pavements
- (3) pp.372~385

(4) **アスファルト舗装の構造状態に季節変動が与える影響について** (高橋 修)

- (5) 舗装の構造評価や寿命予測は材料試験、目視による調査およびたわみ測定などの結果に舗装厚や交通条件を考慮して行われるが、これらに対して季節による環境条件の変化は無視できないほどの影響を与えることが知られている。本論文では季節変動が路床の支持力に与える影響について検討している。研究の目的は、季節の変化による表面たわみと路床弾性係数の変動の実測データをもとに、計測が容易な環境パラメータを用いてその変動を予測する手法を開発することである。

実測データは季節に関わるものとして、たわみ、含水量、地下水高が2年間で15回、60地点において測定された。環境パラメータとしては気温、降雨量、日射量、蒸発量が気象センターから入手され、これらの他に、路床材料の繰返し三軸試験を行ってレジリエントモジュラスも測定されている。

測定結果より、路床の弾性係数はほぼ周期的に変化しており、含水量と気温に深く関係していることがわかった。路床の含水量と残存降水量(降雨量と蒸発量の差)の間には密接な関係が認められたが定式には至っていない。また、温度の変化は材料の体積膨張を誘発し弾性係数の増大を引き起こす。本研究によって、路床の弾性係数が温度の変化と含水量の変動に大きく影響を受けるため、構造評価においては季節変動による環境条件の変化を考慮する必要があることが判明した。

本研究では数多くの実測データをもとに変動の予測を試みているが材料の種類や場所による気候の違いから推定式の定式化まで至っていない。また、本研究では凍結融解作用が生じない地域を想定している。今後の研究の発展が期待されるところである。

第 5 回ユーラスファルト国際会議の概要報告

野 村 敏 明*

1. はじめに

第 5 回ユーラスファルト国際会議(5th International EURASPHALT Congress) が、欧州アスファルト舗装協会 (European Asphalt Pavement Association : EAPA) の主催によりオランダのハーグ市オランダ会議センターにおいて平成 4 年 9 月 14～18 日まで開催された。

この会議は、ヨーロッパ諸国やアメリカ、カナダ、オーストラリアなどが参加するアスファルトに関する国際会議で、4 年毎に開催され今回は 27 カ国 451 名の参加者があった。これまでの開催経緯および第 5 回の参加者は表-1、表-2 に示すとおりである。

今回、日本にも参加の要請があり、日本アスファルト協会からメーカー 5 名、ディーラー 4 名、道路会社 4 名(現地参加 3 名を含む)、事務局 1 名の総勢 14 名が参加した。筆者もこの会議に現地に参加する機会を得たので、以下に会議の概要を報告する。

表-2 第 5 回ユーラスファルト会議の参加国および人数

国 名	人 数
アイルランド	12
アメリカ	10
イギリス	9
イタリア	8
オランダ	108
スウェーデン	27
デンマーク	44
ドイツ	37
日本	14
ノルウェー	21
ハンガリー	12
フィンランド	26
フランス	70
ベルギー	24
その他 (13 カ国)	29
合 計 27 カ国	451 名

表-1 ユーラスファルト国際会議の開催経緯

回 数	開催年	開 催 地	参加者
第 1 回	1976	スイス ; モントルー	750
第 2 回	1980	ベルギー ; ブリュッセル	—
第 3 回	1984	ドイツ ; ベルリン	—
第 4 回	1988	フランス ; ニース	400
第 5 回	1992	オランダ ; ハーグ	451

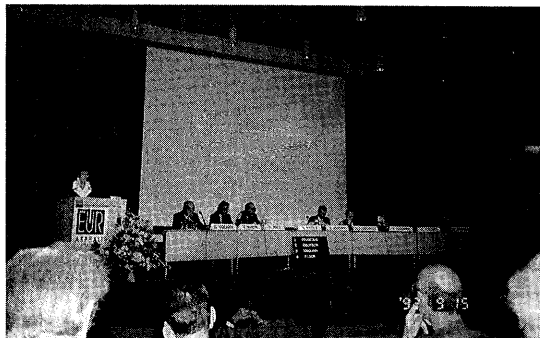


写真-1 ユーラスファルト国際会議会場風景



写真-2 日本からの参加者（オランダアムステルダムにて）

2. 欧州アスファルト舗装協会 (EAPA) とは

EAPAは、アスファルト混合物の製造業者とアスファルト道路の建設および管理に携わる企業のために組織された団体で、1973年にドイツのミュンヘンにおいて設立され、現在、次に示す機関および企業が参加しており、常設の事務局がオランダのブルー・クレンにある。

*のむら としあき 日産化学工業(株)技術研究所主任研究員

〔フル・メンバー〕

・デンマーク	Asfaltindustrien
・フィンランド	FAA
・フランス	SPETRF/SPEUE
・ドイツ	DAV
・オランダ	VBW-Asfalt
・ノルウェー	AEF
・スウェーデン	Byggentreprenorema

〔ヨーロッパの協会メンバー〕

・オーストリア	Asphalt und Beton
・ハンガリー	Magyar Aszfalt Gesellschaft mbH, Betonutepito Vallalat
・アイルランド	Roadstone Wood Group
・イタリア	SITEB
・ポルトガル	Mota & Companhia
・スペイン	ASEFMA

〔ヨーロッパ以外の協会メンバー〕

・オーストラリア	AAPA
・カナダ	OHMPA (Ontario)
・ニュージーランド	BCA
・アメリカ	NAPA

EAPAの目的には、加盟機関の共通の目的に関する調整を初めとして、アスファルト産業についての情報交換・調査開発や道路を主体とするアスファルトの利用促進、アスファルトの品質確保・規格化などがあり、そのために、技術委員会、健康・安全・環境委員会、促進委員会を設けて活動している。

3. プログラムの概要

3.1 日程

【9月14日 月曜日】

9:00~12:00	協議会ミーティング
10:00~18:00	展示会
10:00~15:00	参加者の登録 シティー・ツアー
15:00~15:30	会議開催 EAPA会長挨拶 開会宣言
15:30~17:00	一般セッション ブロック1
17:00~19:00	歓迎レセプション

【9月15日 火曜日】

9:00~18:00	展示会
8:30~10:30	一般セッション

ブロック2

11:00~12:10 同時進行セッション

ブロック3

ブロック4

14:00~17:00 同時進行セッション

ブロック3 (続き)

ブロック5

19:30~21:00 コンサート

【9月16日 水曜日】

9:00~17:00 展示会

8:30~12:00 同時進行セッション

ブロック6

ブロック7

14:00~16:00 一般セッション

ブロック8

16:00~17:00 会議閉会

協会長交代

19:00~23:30 最終晩餐会

【9月17日 木曜日】

10:00~17:00 技術見学プログラム

(3コース)

17:00~18:30 花の博覧会場でのサヨナラレセプション

【9月18日 金曜日】

会議終了後のツアー (5コース)

3.2 会議のテーマ

ブロック1: 一般

ブロック2: 東ヨーロッパの道路整備

ブロック3: 品質管理と品質保証

(より良いアスファルトとは?)

ブロック4: 研究と開発

(より良いアスファルトに向けて)

ブロック5: 労働条件

(立場は管理下にある)

ブロック6: 道路利用者からの高まる要求

(解決策あり)

ブロック7: 環境問題

(我々の関心事)

ブロック8: ハイライト

3.3 展示会

会議と並行して展示会が3日間開催された。この展示会には37の企業が参加し、アスファルト材料や舗設機械などの展示があった。内容的には特に新しさを感じなかったが、展示ブースの係員がとても熱心であっ

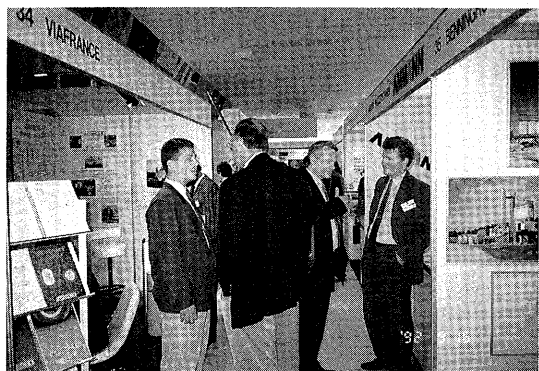


写真-3 展示会の風景

たことと、会議のコーヒープレイク所にもなっていたことから、いつも賑わっていたのが印象的であった。

3.4 技術見学

会議終了後に3つの技術見学プログラムが用意されており、そのいずれかを選択するようになっていた。各コースの内容は以下のとおりである。

〔コース1：デルタ地方におけるダムの見学〕

オランダは、土地の約半分が海面より低い位置にあり堤防と干拓によって国土を広げてきたが、1953年の大潮と暴風雨によって南西部の堤防の多くが破壊され、多数の犠牲者を出した。この災害を契機に河口を閉鎖するというデルタ・プロジェクトが計画され、30年がかりでダムを完成した。このコースではデルタのダムを見学する。

〔コース2：ミッシング・リンク〕

オランダでは、現在約10万kmの舗装道路を保有し、このうち約2,000kmが自動車専用道路となっている。しかしながら、交通量が増加しているために新たな道路ネットワーク作りが必要であり、アムステルダムとリーゲ間を結ぶハイウェイ（A2）を建設している。この工事現場とヨーロッパ最新設備の都市型無公害プラントを見学する。

〔コース3：ロッテルダム・コレクション〕

ロッテルダムは、オランダ南西部のムーズ・ライン川河口に位置しており、鉄道および高速自動車道が近隣諸国との間に縦横に走り、世界一の貿易港であるとともにヨーロッパ最大の石油基地でもある。

このツアーでは、ロッテルダムの社会基盤整備状況について見学する。

3.5 ソーシャルプログラム

(1) シティーツアー

会議初日の参加者登録の時間帯を利用してシティー

ツアーが企画された。ツアーバスに分乗してハーグ市内の名所をバスの中から見学した。

(2) コンサート

オランダシビルエンジニアリングバンド（いずれも道路建設に係わっている人達のオーケストラで1981年に設立）によるコンサートが2日目の夜に行われた。

ほとんどが夫婦同伴で、その素晴らしい演奏は会議の疲れを癒すとともに、忘れられぬ思い出となった。



写真-4 教会内でのコンサート

(3) 晩餐会

会議終了後にハーグ市郊外のプロテ・カークの教会内にて盛大な晩餐会が開かれ、参加者の親睦をさらに深めてくれた。

4. 報告内容の要約

会議での報告は、配布されたアブストラクトのテキストに基づいて行われた。OHPやスライドによる説明が少なく、技術的な研究発表と言うよりも、それぞれの機関および国々の状況報告に留まっていた。

報告は、英語のみではなくフランス語、ドイツ語の3か国語のいずれかでなされ、同時通訳機（それら3か国語による）を通して聞いた。観光バスでは日本語の通訳も含まれているものがあるので、国際会議においても日本語訳があるのもっとよく理解できるだろうと感じたのは筆者ばかりではなかったようである。

次に、テキストの抄訳を報告者毎に表-3にまとめた。また、各ブロックの要約を以下に示す。

〔Opening〕

EAPA会長R.Bergquis（スウェーデン）による歓迎の辞およびハーグ市議会議員H.J.Meijer（オランダ）による開会の辞があり、会議参加に対する歓迎と今回の会議内容の説明および道路整備におけるアスファルト

表-3 会議テキストの抄訳

ブロック1：一般	
新しい社会基盤設計における環境考慮の効果 P.E. Johansson (スウェーデン) ; 運輸交通省国務次官	スウェーデンのECへの加入, 東ヨーロッパ共産主義国家の市場解放等により, 今後東西交通はより密になっていくことが予想され, 次のような社会基盤整備を検討している。①渋滞対策, ②輸送形態の見直し (鉄道利用の促進, 税制による交通量低減), ③道路工事作業者の環境改善, ④アスファルトヒューム発生のない材料開発など。
ヨーロッパ輸送政策における道路社会基盤整備効果 J. Erdmenger (イギリス) ; DG VII 常務取締役	①輸送ネットワークにおけるヨーロッパの政策 ②EC輸送社会基盤政策のガイドライン ③道路社会基盤政策
東ドイツにおける道路建設の将来展望 Prof. R. Deters (ドイツ) ; Teerbau GmbH会長	両ドイツの再統合により, 道路ネットワークの拡大と革新が次の3つの局面から推進される。①既設道路の利用と安全回復, ②既設道路の根本的革新, ③道路ネットワークの拡大・近代化 ※アスファルトプラントは旧式のもので70基しかなかったのが, 統一後 200基に増え, アスファルト合材量も増え続けるだろうと予測している。
ブロック2：東ヨーロッパの道路整備	
議長 Mrs. N. Kroes (オランダ) : Transport 2000+Group議長 (元オランダ運輸大臣)	
基調報告 Mrs. N. Kroes (オランダ) ; Transport 2000+Group議長	旧東欧圏のECへの協調により, 今後ECは全ヨーロッパ輸送システムを構築する必要がある, 次のような課題がある。①輸送に関する政策の統一, ②輸送組織の近代化, ③新財政システム導入, ④公共施設建設, ⑤環境問題への取組み, ⑥エネルギー問題, ⑦建設用地の問題, ⑧安全性の向上
ハンガリーにおける道路建設・維持補修の遅滞と必要性ならびにアスファルト道路建設の展望とリスク Dr. G. Bodnar (ハンガリー) ; ハンガリーマジャール・アスファルト有限会社技術部長	ハンガリーでは, アスファルト道路建設の急務, 道路網の近代化, 高速道路網建設の必要性などの命題に取組んでいる。1992年7月にハンガリーアスファルト協会HAPAを設立して, EAPAの正会員の申請をしている。
チェコスロバキアにおける道路建設の需要と必要性 V.H. Hanzik (チェコスロバキア)	チェコスロバキアの道路建設における今後の課題は次のとおり。 ①アスコン廃材の利用 (良質な骨材不足), ②薄層オーバーレイの実施, ③改質アスファルトの使用, ④PMSの導入, ⑤EAPAや西欧の協会との技術交流
ルーマニア道路行政の長期的戦略 Dr. G. M. Boicu (ルーマニア) ; 運輸省道路行政局局長	ルーマニア公共道路網に関するデータの紹介, および今後道路行政局が行うべき長期戦略 (15年間でルーマニアの公共道路網を全ヨーロッパ規格レベルに向上させる) についての報告。
ラトビアにおける道路建設の現状と問題 A. Kalnichkans (ラトビア) ; 道路建設会社VIATOR役員 道路建設者協会会長	〔道路の現状-1991年〕セメント舗装17,600km, アスファルト舗装7,900km, 道路会社38社・8,300人, アスファルトプラント21箇所・37基 (旧式ミキサ), 年間アスファルト合材 150万トン (経済的に減少傾向にある)。 〔問題点〕 ①道路建設・維持補修の重要性の提言, ②技術不足, ③技術者の教育
ポーランドにおける道路舗装とメンテナンスの計画 T. Suwara (ポーランド) ; 公共道路局長	ポーランドの道路予算は減少しており, 1992年は87年の4分の1までに減少した。外部からの財源確保 (世界銀行, ユーロッパ銀行と交渉中) が急務。 技術的には, ①リサイクル技術の開発, ②アスファルト乳剤, 改質アスファルトの使用, ③PMSによる評価, などに取組んでいる。
エストニアにおける道路建設と維持補修の現状 A. Kaldas (エストニア) ; エストニア道路局技術理事	エストニアの国の紹介と道路整備状況および関係組織の紹介。エストニアは小さい国であるが, 公共道路ネットワークは他の北欧諸国に匹敵しており物質輸送の70%を道路で賄っている。
ウクライナのアスファルト道路建設: 技術の現状と今後の展望 Dr. B. S. Radovsky (ウクライナ) ; キエフ自動車・高速道路工科大学教授	〔今後の課題〕 ①今後15年以内に約15,000kmの自動車道路の建設 ②10,000km以上の未舗装道路の舗装化 ③維持修繕による全般的強化 ④材料供給体制の確立
東ヨーロッパの社会基盤整備に対するIRFの立場 A. Dupont (フランス) ; IRF会長, コーラス機社長	IRFは, ユーロッパ横断輸送網を確立するためには東ヨーロッパ諸国の道路整備への援助 (政治・行政面, 経済・財政面から) が必要であり, その努力を惜しまない。ここでは, IRFの立場と役割を報告した。

ブロック 3 ; 品質管理と品質保証 (より良いアスファルトとは?)

議長 H. Gundlach (オランダ) ; オランダ保証委員会理事

"Avis 技術" から "技術協調" へ
B. Fauveau (フランス) ;
フランス公共土木事業省技術主任,
AIPCR/PIARC 事務総長

今後 EC の指導のもとで、官庁、道路会社、請負者、バインダー供給者、プラント製造者の間で技術協調を進めるべきであるとの報告。

アスファルト生産物への EC 建設指針 (89/106/EE) の結果について
G. Coppens (オランダ) ; SBK 取締役

1988年12月 EC 議会は、加盟各国の建設生産物について "EC 表示" の添付に関する指針を採択した。
CEN と EOTA は、EC 表示を添付するための基準となるヨーロッパ技術仕様書の作成に取りかかっている。

アスファルトフィニッシュの騒音について
C. Jattric (フランス) ; Presents 社

1990~91年にフランス A 9 自動車道でアスファルトフィニッシュ MTV の騒音環境調査を行った。
オペレータの聴覚保護器具による自己防衛の必要性、騒音発生制限による環境保護の必要性を明らかにした。

保証要求/遵守の立証
J. Pippich (オーストリア) ;
オーストリア技術証明機関理事

アスファルト材料は、TC 227/WG I で規定された技術基準に適合し、発注者および請負者が共に認める品質管理システムに合ったものでなければならず、そのために特殊な管理試験の開発が要求されている。

オランダの道路建設における品質管理
W. Pieterse (オランダ) ;
VBW アスファルト理事

アスファルトの製造、輸送、舗設手順、作業計画に関する品質管理は仕様書に適合するために重要なものであり、VBW アスファルトは 6 年前に "品質保証システム" を開発した。

オーストラリアの品質システムから何が学べるか
K. Wonson (オーストラリア) ;
Boral Asphalt 品質保証部長

オーストラリアのアスファルト製造および施工会社は品質システムと品質保証を導入したが、それには次のような多くの問題があり、長い期間を要した。
① トップ管理者レベルのサポート体制 ② 新しいものへの抵抗
③ 品質システムに対する経験不足 ④ 非現実的なタイムテーブル
⑤ 莫大なペーパーワーク ⑥ 品質保証への考え方の相違

保証会社の市場機会
H. Gormsen (デンマーク) ;
Superfos 建設取締役社長

システム保証の基礎となる品質システムは ISO 9001 に基づく。材料、機械、工法への顧客の要望はより以上に複雑さを増しており、そのため品質管理システムの開発が重要となっている。

CEN 標準化: その概要
J.J. van der Plas (オランダ) ;
CEN TC 227/WG I 会長

CEN TC 227 "道路材料" は 1990 年にスタートし、5 つのワーキンググループで活動している。WG I はホットミックスアスファルトに関する基準作成を担当しており、次の 4 部門で検討している。
① 一般概要・適用分野・用語、② 6 種類のホットミックスアスファルト (アスコ、ホットローロード、軟質アスファルト、グースアスファルト、ポーラスアスファルト、砕石アスファルト)、③ 試験方法、④ 受託基準と適合証明

Scetauroute の品質方針
H. Thevenon (フランス) ;
Scetauroute 品質部長

Scetauroute は品質を改善するために次の 3 つの方針をにかけている。
① 人材教育、会社管理の分類化・形式化、② 品質保証に関する新しい方針の作成
③ 方針適用のための手段・道具の確立
※ フランスの多くの会社は、AFAQ (フランス品質保証協会) の証明を得るための活動を開始した。

機能的な仕様書
B.H. Simonsson (スウェーデン) ;
道路交通研究所
J. O. Nordlander (スウェーデン) ;
Skanska

混合物の仕様書には、次の 3 つのタイプがある。
① 製法的タイプ - 性質と成分仕様、混合物設計など
② 供用性タイプ - 舗設混合物の物理的性状仕様
③ 機能的タイプ - 路面特性 (わだち掘れ、平坦性、すべり抵抗)
製法的タイプから機能的タイプへの仕様の変化は新しい材料 (供用性が良くコストパフォーマンスに優れる) の開発を促進させる。

ブロック 4 ; 研究と開発 (より良いアスファルトに向けて)

議長 Prof. W. Arand (ドイツ) ; Braunschweig 工業大学教授

ASTO プログラム
Prof. Dr. A. Saarela (フィンランド) ;
フィンランド技術研究センター

フィンランドにおいて ASTO (アスファルト舗装研究プログラム) と呼ばれるプログラムが 1987~92 年に US ドル 13 ミリオン の費用を投じて行われた。その主な目的はわだち掘れの減少と供用性の向上であり、その内容は以下のとおり。
① すりへり (すりへり抵抗測定のための SRK システム、骨材強度測定のための点荷重システムの開発)、② 変形 (ホイールトラッキング、繰返しクリープ載荷)、③ 低温クラック (-5℃での針入度試験)、④ 耐水性 (間接引張試験)、⑤ 締固め特性 (ジャイレトリコンパクター)
※ ASTO プログラムは完成間近であり、1993 年に発表される。

SHRP 最新情報
D. Kulash (アメリカ) ; SHRP 常務理事

SHRP のアスファルトに関する研究プログラムの成果は "Superpave" システムの開発である。これは、バインダーおよび混合物の仕様、供用性確認試験、混

	合物設計システムなどからなり、現在、このシステムの標準仕様としての採択を目指している。
SPRINTプログラム F. van Gorkum (オランダ) ; RA 183プログラム事務長	EC諸国はSPRINT (西ヨーロッパにおける技術交流と革新のためのプロジェクト) 委員会を1990年に設立し、これまで2回のワークショップを開催した。 ・第1回 1991年3月 リスボン (薄層舗装, 表面処理, ポーラス摩耗層) ・第2回 1992年6月 ロッテルダム (廃棄物の有効利用, リサイクリング)
ブロック5 ; 労働条件 (立場は管理下にある)	
議長 L. Akkers (オランダ) ; オランダ建設業労働条件改善組織理事長	
道路建設におけるPAC (Polycyclic Aromatic Compounds) S.J. Veenstara (オランダ) ; C.R.O.Wワーキンググループ代表	道路建設におけるPACの被爆問題は労働環境保全上大きなテーマであり、そのための研究がいろいろとなされている。アスファルトヒュームによる人体への被爆レベルはフィンランドのオペレータが最も高く、一般的に1mg/m³程度とのこと。
作業員への被爆に関する研究概要 L.G. Ekstrom (スウェーデン) ; AB Nynas石油健康安全部長	舗設作業中に発生するアスファルトヒューム量は、条件によっていろいろと異なり比較評価が困難であるが、最近測定されたヒューム量は通常温度で1mg/m³以下 (被爆制限値は、2~5mg/m³) と報告された。また、開粒度アスコンは密粒度の2倍の発散性を有すること、ヒューム量低減のために温度管理が重要であることを強調した。
ヒューム被爆規制 G.A. Aresini (ルクセンブルグ) ; EC委員会工業医薬品部会主査	ECでは、職業上の被爆規制値 (OHLs) を定め、鉛やアスベストなどは強制的に、その他の物質は各メンバー国の参考値として採択されている。OHLsを確立する過程での問題点は1000以上の物質の優先リストの作成である。これは新しい物質で、限界値が定められていないものが優先されるべきであるとしている。アスファルト (ELNECS No232-490-9) に含まれる多環芳香族炭水化合物 (PAHs) の中でR45と呼ばれるものは人体への発がん性物質として分類されている。PAHs濃度を低くする技術的方法が早急に望まれている。
アスファルト作業員の流行病に関する研究の 必要性和その可能性 P.B. Eriksen (デンマーク) ; デンマークアスファルト工業 職業保健センター	国際がん研究機関 (IARC) は、アスファルトを“非発がん物質”、アスファルト揮発物を“発がん可能性物質”、コールタール、ピッチを“発がん物質”と分類しており、他の研究報告ではアスファルトヒュームは発がん性があり、ヒューム被爆限界値をさらに厳しくすべきだとしている。当保健センターでは、アスファルト作業員が多くの発がん性物質 (タール、ベンゼン、エピクロロハイドリン、TDI、アスベストなど) にさらされている事実を明らかにし、被爆防止に関する研究を行っている。
労働条件の監査 C.K. Pasmooij (オランダ) ; ABOMA理事	労働条件の改善は、品質向上、経済性、事故・病気の低減、生産効率のアップにつながる。ABOMAは、機械設備の安全点検と作業場での安全管理を行い、企業の安全計画戦略に貢献している。
道路作業員の夜間作業中の安全性 B.H.Th. Moorer (オランダ) ; 公共事業省	オランダでの交通渋滞防止政策として、道路工事の夜間への移行が増えているが、それに伴い夜間作業員の安全性に問題が生じてきた。交通局では1991年に次に示すトライアルを実施・検討した。 ①交通止めと迂回路→作業員に高く評価され、作業効率が向上した。 ②標識の増設による車速の低減→十分な安全性が確保されなかった。
道路舗設および実験室シミュレーションにお けるアスファルトヒュームとPACの人体へ の被爆 H.C.A. Brandt (オランダ) ; シェル研究所 H. Cordingly (イギリス) ; シェルメックスハウス	アスファルトに微量に含まれる多環芳香族成分の内、4~6リングのものは、動物実験から発がん性を有することが確認された。アスファルトヒュームの測定では人体への被爆量が0.15~5mg/m³であり、その量は芳香族の3リング成分に影響されることがわかった。また、実験室シミュレーションより、ヒューム発生速度とアスファルト揮発分およびアスファルト温度との対数による相関式を導き出された。
ブロック6 ; 道路利用者からの高まる要求 (解決策あり)	
議長 Prof. W. Arand (ドイツ) ; Braunschweig 工業大学教授	
基調報告 : アスファルトにおける最近の技術 開発 M. Gillier (フランス) ; ユーロビチューメン会長	①ユーロビチューメンは新しいヨーロッパ計画を企てている。 ②CENは1989年からアスファルト製品のためのTC19内でのサブ委員会を設けている。 ③健康・安全・環境問題は第4回のEAPPA以来変化しており、最近の状況をヨーロッパとアメリカについて述べる。 ④ポーラスアスファルトには、ポリマー入り改質アスファルトがヨーロッパのほとんどの国で使用され増えている。
鉄道向けアスファルトの新しい利用方法 G.Beecken (ドイツ) ; ドイツシェル社	鉄道でのアスファルトの利用として、土の上にアスファルトを舗設し、その上にマクラギを設ける軌道建設に取り組んでいる。アスファルト層には道路建設よりも高い安定性と低い空隙率、良好な平坦性が要求されポリマー入り改質アスファルトを用いている。現在、いろいろなテスト区間で追跡調査を継続している。

低騒音浸透式マカダムの冬季メンテナンス H.W. Weyringer (オーストリア) ; Pyhrn Autobahn AG 技術役員代理	ヨーロッパにおいて、環境保護の一つとして低騒音浸透式マカダムが増加しているが、その高い空隙率のため冬季にメンテナンスの必要性が生じた。その対策として、気象観測装置の配備、気象条件に応じた予防塩処理技術の開発を行っている。
碎石マスチックアスファルト：都市における理想的施工材料 O. Kast (ドイツ) ; エッソ社	碎石マスチックアスファルトは、多量の粗粒碎石、多目なバインダー量、高いビッチング量などの配合により、スパイクタイヤに対する抵抗性があり、かつ高温時・重交通における変形抵抗性を目的に開発された。この混合物は、耐流動用として、あるいは維持補修における薄層用として、いろいろな道路に適用できる理想的な材料であると報告している。
軽交通道路 J.M. Membrillo (スペイン) ; Elsan 技術部長 Dr.J.L. Jamieson (アイルランド) ; 環境研究ユニット	スペインの道路網30万kmの80%は軽交通道路（大型車50台未満／1日・1方向）である。スペインのマニュアルでは交通量区分がT0（大型車2000台以上／1日・1方向）～T4（大型車50台未満）となっていたが、T4をさらに5つの副カテゴリーに細分した。
フランスにおける製品革新 A. Marsot (フランス) ; SPETRE 技術委員会	フランスの道路において次の課題がある。 ①排水性、②吸音性、③すべり抵抗性、④段差による振動対策、⑤視認性 それらのために、ポーラスアスファルト・薄層アスファルト混合物などの材料開発を行っている。
アスファルト合材の耐候性について K.G. Ohlson (スウェーデン) ; スウェーデン土木学会	アスファルト合材の耐候性に関する化学的研究から、骨材表面のアスファルトの界面張力と温度の関係を明らかにし、耐候性に優れた材料の開発を行っている。

ブロック7；環境保護（我々の関心事）

議長 M. Cambourmac (フランス) ; アスファルト請負業者協会会長	
既設アスファルトプラントの排出量測定 Prof.Dr.Ch.F. Hendriks (オランダ) ; デルフト工科大学教授 W. Meijer (オランダ) ; Intronplan B.V. 理事	オランダのアスファルトプラント8箇所において、NO _x 、SO ₂ 、ダスト、重金属、揮発性炭化水素、PAHの排出量を測定した結果、排出レベルと使用燃料、アスファルト種類、加熱方法などの因子との間に相関関係のあることがわかった。
モデルミキサを用いたアスファルト混合プロセスにおけるいろいろな因子の評価 Prof. S. Huschek (ドイツ) ; ベルリン工業大学教授 P. Rode (ドイツ) ; ベルリン工業大学教授	モデルミキサを用いてアスファルトプラントにおける混合プロセスに影響する因子について検討した。 ①アスファルトと骨材の混合方法、②排出汚染物の低減方法、③加熱費用の低減、④混合（物）性状の改善
環境保全志向型混合プラントの革新 A.G. Kemps (オランダ) ; オランダ舗装コンサルタント (NPC) 理事	リサイクリング工法の普及に伴い、アスファルトプラントはマイクロウェーブリサイクリングシステム（MARS）と呼ばれている新加熱方式によるドラムミキサが増えてきている。バッチ式ミキサでは旧混合物を最大で20%しか使用できないが、このドラムミキサでは50～60%までの再生率で混合物を製造できる。
環境監査と新規制 W. Peffekoven (ドイツ) ; アスファルト情報サービス理事	アスファルト舗装作業における環境監査の必要性和新しい規制についての報告。 ①TRGS—空気中のbenz(a)pyrene 量の限界値を制定 ②TA—Luft—ダストや有機物質の排出量を制限 ③水の保護—州レベルの法令による
リサイクリング；その可能性と限界 J.Th. van der Zwan (オランダ) ; オランダ運輸公共土木事業省 H.Roos(オランダ) ; VBWアスファルト技術部長	オランダでは、維持補修工事等から発生する旧アスファルトは年間およそ200万トンあり、その内の35%が加熱リサイクリング用に使われ、さらに残り15%はセメントあるいは乳剤を添加して常温再生として用いられる。旧アスファルトの品質・混合比率などいろいろな制限が課せられているが、経済的、社会的見地からアスファルトのリサイクリングを推進すべきであるとしている。
ポーラスアスファルト；非常に薄いアスファルト層と高弾性アスファルト B.Faure (フランス) ; SPETRE技術委員会 J.P. Michaut (フランス) ; SPETRE技術委員会	フランスにおいてポーラスアスファルトは、低騒音という特徴がユーザに好まれ、重交通路線で1500m ² 以上（4cm厚）の実績をもつ。空隙率が高いため、目詰りを起こすが、ジェット水や空気によってメンテナンスをしている。また、高弾性アスファルトを用いた薄いアスファルト舗装がだんだんと用いられてきている。その特長は高いすべり抵抗性にある。

ブロック8；ハイライト

議長 M. Von Devivere (オランダ) ; EAPA事務総長	
コスト効果：異なる道路舗装での経済効率の比較	コスト効果に関する研究は、経済的な戦略計画を検討する上で重要である。特に重交通道路においては、維持修繕工事の経済的損失は計り知れない。いろいろ

Prof. Dr. A. Schmuck (ドイツ) ; ノイビバーク陸軍大学 W. Ressel (ドイツ) ; ノイビバーク陸軍大学	な道路舗装における建設コスト、メンテナンスコスト、ユーザコストなどを比較検討し、アスファルト舗装の経済的利点を導き出した。
重交通用舗装：アスファルトの開発と可能性 Prof. Dr. A.A.A. Molenaar (オランダ) ; デルフト工科大学	オランダでは近年、交通量と交通荷重の増加が著しく、そのような重交通道路にアスファルト材料の適用が妥当であるかという研究が行われている。EAPAは、EAPA加入数カ国における重交通用アスファルト舗装の現状に関するレポートを発表した。また、VBW-Asphalt and Nabitは、軟弱路床での重交通道路にはアスファルトを使用すべきだとしている。
アメリカの現状 J. Gray (アメリカ) ; NAPA顧問	・1988年OHS A (労働者健康・安全管理局) は、いろいろな化学物質の作業者への被爆に関する規制を提案した。この中でアスファルトヒュームは発がん可能性物質と認定し、発がん性物質のコントロールと同じ量規制を行った。 ・1991年NAPAは、この規定からアスファルトヒュームを取り除いた。 ・1992年6月A IとNAPAは、刺激性で5 mg/m²のPELを含むとだけ表示するにとどめた。OHS Aはこれに激しく反発している。 1993年の会議で新しい結論が出るだろう。
EAPA技術委員会の今後の戦略と活動 H. Gormsen(デンマーク) ; EAPA委員会議長	EAPA技術委員会はアスファルト材料(規格はEC指示に基づく)を用いた重交通道路舗装に関する開発を行っており、今後具体的な成果を発表する予定である。
EAPA-HSE (健康・安全・環境) 委員会の活動概要 H.P. Lorenzen (ノルウェー) ; EAPA健康・安全・環境委員会議長	EAPA-HSE委員会は、製造業における健康・安全・環境に関して幅広い研究を行っており、公開討論会を開催したり、EAPA会議でアドバイスをしたりしている。アスファルトヒュームに関する研究は重要であり、ヒューム発生のないアスファルトの開発、アスファルト混合物温度の低下などに取り組んでいる。

の必要性を述べた。

また、これらの挨拶の時にコント(道路工事と騒音)とモスクワ舞踏による余興が加わり、会場を大いに笑わせた。欧米らしいユーモアに満ちた幕開けとなった。
〔ブロック1：一般〕

他のブロックに属さない一般的な内容(ヨーロッパの道路社会基盤政策など)についての報告と、アスファルト舗装業界における健康と安全について取りまとめたパンフレットの紹介があった。

〔ブロック2：東ヨーロッパの道路整備〕

現在ヨーロッパは、最近の東ヨーロッパの政治改革を契機として、全ヨーロッパとしていろいろな機構を考えていく時期にきており、輸送部門においても全ヨーロッパ輸送システムの構築に向けて取り組んでいか

なければならない。そのために、東ヨーロッパの道路政策を十分に理解する必要がある。

ここでは、東ヨーロッパのハンガリー、チェコスロバキア、ルーマニア、ラトビア、ポーランド、エストニア、ウクライナにおける道路政策の現状や将来計画についての報告があった。全般的には、経済上の理由で道路整備が遅滞していること、今後リサイクル、改質アスファルトの利用、PMSの導入などが必要とされているようである。

また、上記の報告を受ける形で、IRFが東ヨーロッパ諸国の道路整備への行政・財政上の援助を惜しまない、との報告もなされた。

なおここで、東ヨーロッパの道路統計を表-4に、また、ECを中心とした国々の道路統計とアスファル

表-4 東ヨーロッパの道路統計 (1989年)

国 名	国土面積 (千km ²)	人 口 (百万人)	道路延長 (千km)	舗装延長 (千km)	アスファルト混合物 生産量 (百万トン)
ポーランド	313	38.0	254	155	—
ルーマニア	238	23.0	73	64	—
C I S	22,043	288.0	966	868	—
チェコスロバキア	123	15.0	75	75	3.1
ハンガリー	93	10.5	102	30	2.4
ウクライナ	604	—	—	—	—
エストニア	45	1.6	15	8	1.0
リトアニア	70	—	—	—	—
ラトビア	65	2.7	25	18	1.0

トの生産量のデータを表-5に示しておく。

〔ブロック3：品質管理と品質保証〕

アスファルト舗装業界において必要とされる品質管理や品質保証についての報告で、この中で注目されるのは、1988年12月にEC議会が加盟各国の建設生産物に関する法律・規則・行政指導に近い指針を採択し、欧州標準化委員会(CEN)と欧州試験・認証機構(EOTC)が建設生産物に“EC表示”を添付するための基準となるヨーロッパ技術仕様書を作成している、ことである。

〔ブロック4：研究と開発〕

アスファルトに関する研究開発として次の3つが紹介された。

① ASTOプログラム

フィンランドにおいて1987～92年に1,300万USドルの費用を投じて、わだち掘れの低減と供用性の向上を目的に巾広い研究開発が行われ、93年4月に研究成果報告国際会議で発表される予定。

② SHRP

“Superpave”システムの内容紹介があり、今後このシステムの普及を目指している。

③ SPRINTプログラム

EC諸国は西ヨーロッパにおける技術交流と革新のためのプロジェクト委員会を1990年に設立し、これまでに2回のワークショップを開催している。

〔ブロック5：労働条件〕

ヨーロッパでは、道路建設におけるアスファルトヒュームの人体への被爆を大きな問題として捕らえている。アスファルトに含まれる多環芳香族成分の一部は発がん性を有するという報告があり、アスファルトヒューム発生と人体被爆に関する研究がいろいろな機関で実施されているようである。

そのほか、夜間作業中の安全確保や労働条件の改善についての報告があった。

〔ブロック6：道路利用者からの高まる要求〕

ヨーロッパでは、ポーラスアスファルトが低騒音性という特長から住民に高く支持され、施工実績が増加しており、アスファルトにはポリマー入り改質アスファルトを使用している。

このほかの材料開発として、鉄道における舗装軌道へのアスファルトの利用、低騒音浸透マカダム、耐流動用砕石マスチックアスファルト舗装、薄層アスファルト舗装、耐候性に優れたアスファルト混合物などの報告があった。

ポーラスアスファルトと砕石マスチックアスファルト舗装のヨーロッパでの施工実績を表-6に示す。

〔ブロック7：環境保護〕

環境保護の一環として、アスファルトプラントでの排出量の測定を行い、排出量は使用燃料・アスファルトの種類、加熱方法などに影響されることがわかった。

表-5 ECを中心とした国々の道路統計とアスファルトの生産量(1990年)

国名	国土面積 (千km ²)	道路延長 (千km)	舗装率 (%)	アスファルト混合物生産量(百万トン)							アスファルト生産量	
				合計	アス 合材	ポーラ スアス	グース アス	マスチ ック	ホット ロールド	その他	(千トン)	内、改質 アス(%)
旧西ドイツ	249	497	99.0	41.4	39.2	0.41	0.41	0.41	—	0.86	2,000	5～8
スウェーデン	411	134	71.0	7.4	6.66	0.22	—	0.15	0.37	—	—	—
フランス	551	806	95.0	38.0	36.0	1.4	—	—	—	0.6	2,700	8
イタリア	301	302	100.0	45.5	—	—	—	—	—	—	2,415	4.2
オーストリア	84	107	100.0	9.5	8.5	0.5	0.1	0.25	—	0.15	474	8～10
オランダ	41	116	88.0	7.5	6.75	0.45	0.01	0.30	—	—	450	<1
スイス	41	71	—	5.4	4.32	0.32	0.32	0.43	—	—	305	5
ノルウェー	324	89	69.0	3.9	3.10	0.1	—	0.2	0.1	0.4	250	1～2
デンマーク	43	71	100.0	3.2	3.07	0.13	0.13	0.13	—	—	180	3
イギリス	230	357	100.0	36.5	28.0	—	—	—	8.0	0.5	2,300	5
ベルギー	31	138	94.0	4.2	3.76	0.4	—	—	—	0.04	355	—
フィンランド	338	76	61.0	6.5	5.20	—	0.07	0.52	—	0.72	352	2
スペイン	505	324	74.0	23.0	—	—	—	—	—	—	—	—
アイルランド	70	92	94.0	1.0	0.75	—	—	—	0.25	—	100	5
ポルトガル	89	70	86.0	5.3	5.2	—	—	—	—	0.1	—	—
ハンガリー	93	105	50.8	2.4	2.04	0.10	0.07	—	0.19	—	125	15
日本	378	1,115	69.2	70.3	—	—	—	—	—	—	4,880	3.5

出典：道路統計年報1992年版およびヨーロッパアスファルトマガジン1992.1

(道路統計のドイツ、イタリアは1988年、スウェーデン、ベルギー、ポルトガル、ハンガリーは1989年のデータ)

表-6 ヨーロッパにおけるポーラスアスファルトと砕石マスチックアスファルト舗装の施工実績 (1990年)

国 名	ポーラスアスファルト (百万㎡)	砕石マスチックアスファルト舗装 (百万㎡)
オーストリア	> 5	—
ベルギー	> 1.5	0
フランス	> 3.5	0
ドイツ	20カ所	> 10
イタリア	≒ 5	—
オランダ	> 2	> 1.5
スウェーデン	> 2.8	—
デンマーク	—	> 1

出典：ヨーロッパアスファルトマガジン 1992.1

また、リサイクリングについては経済的、社会情勢的な見地から推進すべきであり、オランダでは補修工事で発生する旧アスファルトの内35%を加熱リサイクリング、15%をセメントあるいはアスファルト乳剤を添加する常温リサイクリングとして再生利用している。リサイクリングプラントにはマイクロウェーブによる新加熱方式を用いたドラムミキサが発生材の再生利用率が高いために広く普及している。

〔ブロック8：ハイライト〕

オランダでは重交通道路に適したアスファルト舗装の検討がなされ、新しい材料開発を行っている。また、EAPAでは重交通道路でのアスファルト舗装の現状に関するレポートを発表した。

アスファルトヒュームについては、ノルウェーやアメリカでも大きな問題であり、発がん性を有しているかどうかの議論がなされている。

また、ドイツでは経済効率を含めたコストパフォーマンス計算からアスファルト舗装の利点を導き出した。

〔Closing〕

ユーザから見たアスファルト舗装のイメージについての報告とEAPA次期会長J.C.Rothweiler (オランダ) による会長交代挨拶および会議閉会の挨拶がなされた。

5. おわりに

今回の会議では、環境保護に関するテーマについていろいろと取り組んでいること、ポーラスアスファルト、リサイクリングおよび改質アスファルト等に関心が高いこと、などの印象を受けた。

特に、ポーラスアスファルトについては、日本において排水性舗装として急速に実績が伸びているように、ヨーロッパでもすでにかなりの施工実績があることを確認することができた。

また、会議やカタログ資料を通してヨーロッパの舗装技術の動向を直に知ることができ、とても良い経験をさせていただいた。

なお、今年に開かれる予定のアスファルトに関する国際会議の紹介があったので以下に示しておく。

① ASTO研究成果報告国際会議

1993年4月5～6日

フィンランド エスポー

② 第5回EUROBITUME会議

1993年6月16～18日

スウェーデン ストックホルム

セッション1 アスファルトー改質と非改質

セッション2 アスファルトと環境

セッション3 アスファルトー発展とコスト効果

セッション4 維持と強化

③ ヨーロッパにおけるたわみ性舗装シンポジウム

1993年9月20～22日

ポルトガル リスボン

④ 第1回エマルジョン世界会議

1993年10月19～22日

フランス パリ

最後に、本報告をまとめるにあたってアスファルト協会ツアーメンバーおよび関係各位から御協力をいただいた。ここに、厚く御礼申し上げます。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

切削深さ、オーバーレイ厚

アスファルト舗装では、アスファルト混合物層に塑性流動が生じて路面を修繕する場合、一般に切削(Milling)し、その上にオーバーレイ(Overlay)が行われる。この時、削り取る深さを切削深さ、オーバーレイを行う厚さをオーバーレイ厚という。切削深さ及びオーバーレイ厚は以下のような検討によって決められている。

まず、切削深さは塑性流動の影響が及んでいる深さまでと考えられており、その深さはわだち部の凸部と凹部を含んだ範囲からコアを採取(場合によっては開削することもある)し、各層の厚さを測定し変動係数が10%以上を呈している層として、その範囲を調べる(図-1参照)。

次にコアを層毎に切断し、その空隙率を調べる。アスファルト混合物がフライアッシュやブリージングを起こしている場合の空隙率は0~1.0%程度であり、それに温度膨張や試験誤差を考慮すると3%未満であれば塑性流動の影響を受けていると判断される。また、切削した層の下層が、アスファルト量が多く、かつ骨材粒度が細粒分の多い種類であったり、これに近い性状に変化した混合物であると認められれば、その層までを切削深さを含める傾向にある。

オーバーレイ厚は、切削深さそのままとする場合と T_A 不足を考慮して厚さをきめる場合がある。後者の場合は T_A の不足量、交通条件、路面ひびわれ率等を総合的に検討して決めているが、過去の調査では以下の傾向がある。

① A・B交通区分では、ひびわれ率が5%以下の場合は4cm又は7cm、20%以上では、10cmのオーバーレイが多い(図-2参照)。

② C交通区分ではひびわれ率が5

%以下の場合は、4cmの1層と8~10cmの2層オーバーレイ、ひびわれ率20%以上はA・B交通と同様の厚さが多い(図-3参照)。

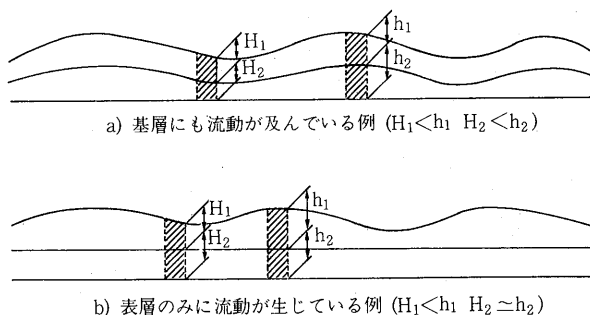


図-1 流動の影響範囲

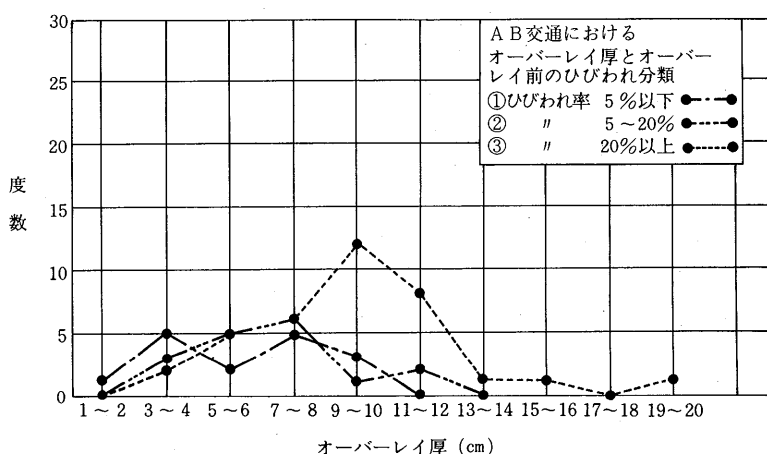


図-2 オーバーレイ前ひびわれ率とオーバーレイ厚 (A, B交通) (土木研究所)

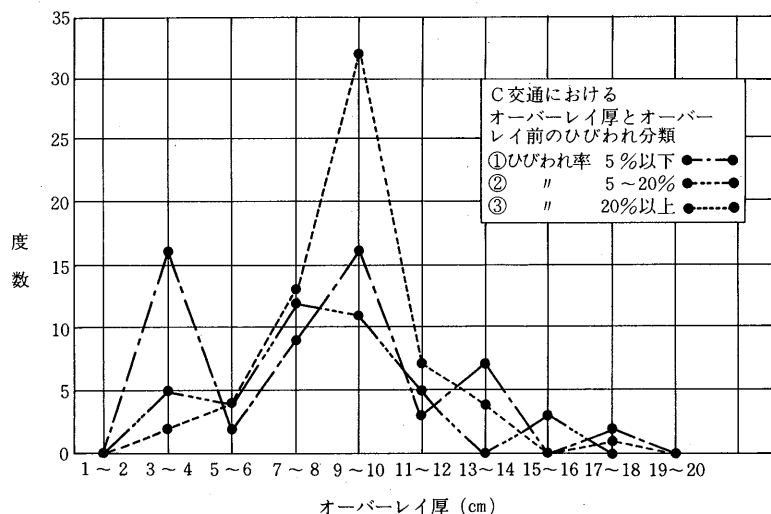
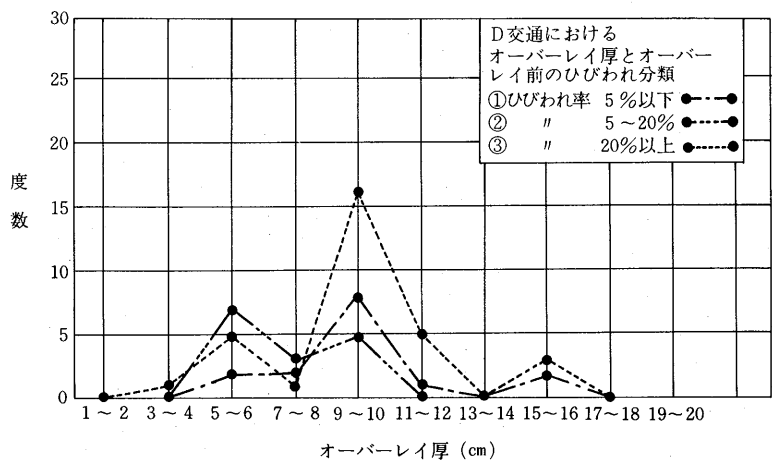


図-3 オーバーレイ前ひびわれ率とオーバーレイ厚 (C交通) (土木研究所)

- ③D交通区分ではひびわれ率5%以下でも4cm以下の1層オーバーレイはほとんど無く、5～10cmのオーバーレイが多い（図－4参照）。
また、ひびわれ率20%以上では厚さ10cmを中心としたオーバーレイが多い。
- ④T_Aの不足量が10以下はほとんどの場合不足量をオーバーレイ厚としているが、これ以上不足の場合は不足量の60%程度をオーバーレイ厚としている。

- ⑤コンクリート舗装のオーバーレイは版厚に関係なく、ひびわれ度が20～50cm/m²に達した時期か、目地部のたわみ量が1mm程度に評価された時期に10cmのオーバーレイが行われている。
- 次にオーバーレイ層に使用するアスファルト混合物の動的安定度の目標値は表－1を参考に決めるようになりつつある。



図－4 オーバーレイ前ひびわれ率とオーバーレイ厚（D交通）（土木研究所）

表－1 耐流動対策の目標値（土木研究所）

車線当り大型車交通量 (台/日・方向)	新設時あるいは耐流動対策が 施されていない箇所の修繕		耐流動対策が施されている箇 所の修繕	
	表 層 (回/mm)	基 層 (回/mm)	表 層 (回/mm)	基 層 (回/mm)
1,000未満	1,000	—	1,000	—
1,000以上 2,000未満	3,000	—	3,000	—
2,000以上 3,000未満	3,000	3,000	3,000	—
3,000以上	5,000	5,000	5,000	—

注) 車線あたり大型車交通量は以下の式で計算する。

$TL = T$ (片側1車線の場合)

$TL = 0.6T$ (片側2車線の場合)

$TL = 0.4T$ (片側3車線の場合)

TL : 車線あたり大型車交通量 (台/日・方向・車線)

T : 大型車交通量 (台/日・方向)

(小島逸平 熊谷道路技術研究所)

熱可塑性エラストマー・ウレタン系エラストマー

ウレタン系エラストマーは20年以上の歴史を持ち、熱可塑性エラストマーの中で最も早く開発されたものである。ウレタン系エラストマーは、大日本インキ化学工業と日本ミラクトランの大手2社をはじめ、大日精化工業、武田バーディシュウレタン工業、旭硝子、協和発酵工業、住友バイエルウレタン及びバイエルンジャパン、日清紡績、三井日曹ウレタン等、十数社で製造されている。

ウレタン系エラストマーの需要は年間約1万トンであり、主な用途は、靴底関係とホース・チューブ類が中心である。表-1にウレタン系エラストマーの用途を示したが、靴底、ホース・チューブ以外に、熱可塑性エラストマーの中で最も早く自動車機能部品に採用されている。ウレタン系エラストマーの自動車への応用は、強靱さや耐クリープ性を生かしたエンブレムの物性の要求される機構部へと変わりつつある。今後として、人工心臓の血液ポンプのダイヤフラムを初め、人工弁、カテーテル類、大動脈バルーン等の医用エラストマーとしての応用開発が進められている。

表-1 ウレタン系エラストマーの用途

分 野	適 用
靴	野球、ゴルフ、サッカーなどスポーツシューズのソールおよびポイント、スキー靴のアンダーブーツ、安全靴
機械・工業部品	バックシム、ギアシール材、グリップ、ラバースクリーン、キャスト、ローラー
自動車部品	各種ブーツ、ボールジョイント、ドアラッチ、ボールシート、スプリングカバー、内・外装品、防振部品
ホース・チューブ	油圧・空圧・燃料などのチューブ、高圧・消防・塗装などのホース
フィルム	エアマット、キーボードシート、フレキシブルコンテナ、レザー
その他	工業用ベルト（コンベアベルト、タイミングベルトetc.）時計バンド、スノーチェーン、手袋などのコーティング

ウレタン系エラストマーは、ハードセグメントとしてポリウレタンを、ソフトセグメントとしてポリオールや、ポリエステルを組合わせた構造である。ウレタン系エラストマーの物性について次のような特徴を持っている。

- ①加硫ゴムの2～3倍の耐摩耗性を持つ。
- ②低温特性（耐寒性）に優れている。
- ③機械的特性（耐衝撃性、弾性、耐クリープ性）が高い。
- ④耐油・耐加水分解性に優れている。

またソフトセグメント成分からみると4種類に大別され、次のような特徴を持っている。

- ①ポリカーボネート系ポリオールタイプ
耐熱性、耐熱水・耐油性に優れている。
- ②エーテル系ポリオールタイプ
耐加水分解性、加工性に優れている。
- ③カプロラクトン系ポリエステルタイプ
耐熱性、耐水性、加工性に優れ、硬度の範囲が広い。
- ④アジペート系ポリエステルタイプ
耐熱性、耐水性に優れている。

ウレタン系エラストマーは、幅広く成形法に適用可能であり、射出成形、押出成形をはじめカレンダー成形、ブロー形成が用いられている（図-1参照）。

ウレタン系エラストマーは、他エラストマーと比較して、耐熱性の向上、黄変性の改善などがあるが、さらに高機能グレードの開発が着実に進みつつある。

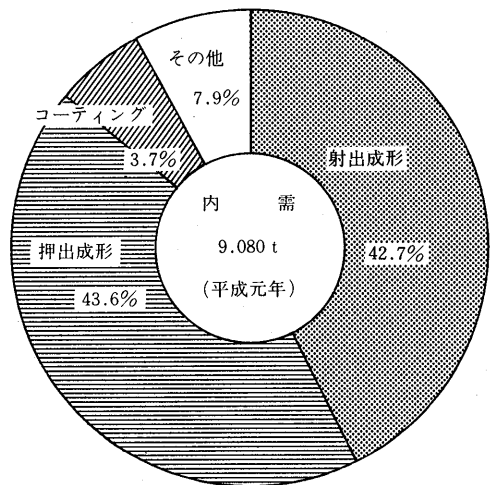


図-1 成形方法別の需要構成比

〔児玉充生 昭和シェル石油㈱〕

<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
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.6)	21	4,724	240	4,964
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年度上期	215	2,656	(110.7)	0	3,130	2,568	(109.8)	0	2,568	291	2,859
61年度下期	291	3,089	(117.5)	0	3,380	3,128	(116.0)	0	3,128	235	3,363
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,696	(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. 7 月	288	504	(93.7)	0	792	494	(92.5)	0	494	297	791
8 月	297	470	(85.8)	0	767	452	(93.6)	6	458	308	766
9 月	308	479	(97.2)	0	787	484	(98.8)	0	484	302	786
7～9 月	288	1,453	(92.0)	0	1,741	1,430	(94.8)	6	1,436	302	1,738
3年度上期	310	2,844	(93.4)	0	3,154	2,841	(95.5)	6	2,847	302	3,149
10月	302	513	(92.6)	0	815	521	(90.5)	6	527	288	815
11月	288	531	(99.3)	0	819	549	(98.0)	3	552	267	819
12月	267	552	(93.1)	0	819	568	(92.1)	3	571	248	819
10～12月	302	1,596	(94.9)	0	1,898	1,638	(93.4)	12	1,650	248	1,898
4. 1 月	248	396	(100.0)	0	644	366	(97.1)	0	366	277	643
2 月	277	463	(95.7)	0	740	461	(103.6)	0	461	279	740
3 月	279	673	(100.7)	0	952	630	(96.0)	0	630	321	951
1～3 月	248	1,532	(99.0)	0	1,780	1,457	(98.6)	0	1,457	321	1,778
3年度下期	302	3,128	(96.8)	0	3,430	3,095	(95.8)	12	3,107	321	3,428
3 年 度	310	5,972	(95.1)	0	6,282	5,936	(95.7)	18	5,954	321	6,275
4. 4 月	321	523	(98.7)	0	844	510	(96.0)	7	517	326	843
5 月	326	460	(104.8)	0	786	423	(96.1)	23	446	340	786
6 月	340	473	(111.8)	0	813	486	(110.2)	17	503	310	813
4～6 月	321	1,456	(104.6)	0	1,777	1,419	(100.5)	47	1,466	310	1,776
7 月	310	494	(98.0)	0	804	517	(104.7)	15	532	272	804
8 月	272	515	(109.6)	0	787	442	(97.8)	6	448	335	783

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 4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)

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			
55 年 度	4,233	183	4,416	—	287	4,703	91.7	103.4	92.1	—	91.5	91.6
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年度上期	1,825	66	1,891	565	112	2,568	103.3	91.7	102.9	145.2	100.0	109.8
61年度下期	2,155	175	2,330	673	125	3,128	109.2	261.2	114.2	128.9	93.3	116.0
61 年 度	3,980	241	4,221	1,238	237	5,696	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. 7 月	372	56	428	47	19	494	95.4	98.2	95.7	71.2	90.5	92.5
8 月	317	52	369	65	18	452	94.3	106.1	95.8	82.3	94.7	93.6
9 月	336	56	392	73	19	484	100.3	119.1	102.6	86.9	79.2	98.8
7～9 月	1,025	164	1,189	185	56	1,430	96.5	107.2	97.9	80.8	87.5	94.8
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
10 月	383	48	431	68	22	521	93.9	77.4	91.7	84.0	88.0	90.5
11 月	415	48	463	61	25	549	100.7	114.3	102.0	73.5	108.7	98.0
12 月	411	53	464	82	22	568	92.8	89.8	92.4	87.2	104.8	92.1
10～12 月	1,209	149	1,358	211	69	1,638	95.7	91.4	95.2	81.8	100.0	93.4
4. 1 月	223	54	277	70	19	366	101.8	100.0	101.5	83.3	95.0	97.1
2 月	315	52	367	72	22	461	106.1	94.5	104.3	101.4	100.0	103.6
3 月	472	67	539	71	20	630	96.9	103.1	97.6	84.5	100.0	96.0
1～3 月	1,010	173	1,183	213	61	1,457	100.7	99.4	100.5	89.1	98.4	98.6
3 年度下期	2,219	322	2,541	424	130	3,095	97.9	95.5	97.6	85.3	100.0	95.8
3 年 度	4,309	590	4,899	796	241	5,936	97.6	97.4	97.6	85.7	94.9	95.7
4. 4 月	410	10	420	71	19	510	98.1	100.0	98.1	83.5	105.6	96.0
5 月	300	44	344	60	19	423	92.0	97.8	92.7	120.0	100.0	96.1
6 月	354	67	421	46	19	486	109.3	139.6	113.2	90.2	105.6	110.2
4～6 月	1,064	121	1,185	177	57	1,419	99.6	117.5	101.2	95.2	103.6	100.5
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

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 4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
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
株式会社 日 鉱 共 石	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6 4 2 1
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 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
薦 井 石 油 株 式 会 社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1 コ ス モ
株式会社 トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2 3 6 1 日 鉱 共 石
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	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

● 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 日 鉱 共 石
----------------	-----------------------------	--------------------------

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
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 日 鉱 共 石
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 南部商会仙台出張所	(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 日 鉱 共 石
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	(105) 港区海岸1-11-1	03 (5404) 4 8 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 日 鉱 共 石
共 立 石 油 株 式 会 社	(101) 千代田区神田西福田町3	03 (3256) 6 3 5 5 日 鉱 共 石
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 日 鉱 共 石
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	(105) 港区虎ノ門1-13-4	03 (3591) 3 4 0 1 富 士 興
東 光 商 事 株 式 会 社	(104) 中央区京橋1-5-12	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	(104) 中央区築地5-4-14	03 (3541) 4 0 1 5 日 石
日 東 商 事 株 式 会 社	(170) 豊島区巢鴨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2-4-3	03 (3580) 5 2 1 1 富 士 興
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 日 鉱 共 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
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
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 極 東 石
ユニ石油株式会社	(101) 千代田区神田東紺屋町30	03 (3256) 3 4 4 1 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	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1 1 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 日 鉱 共 石
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	(460) 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 日 鉱 共 石
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
木曽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 日 鉱 共 石
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3-51	0792 (77) 5 0 0 1 日 鉱 共 石
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2-8-8	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 日 鉱 共 石
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
平井商事株式会社	(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
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

社団法人 日本アスファルト協会 会 員

社 名	住 所	電 話
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 日 鉱 共 石
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 日 鉱 共 石
● 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 日 鉱 共 石
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 日 鉱 共 石
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 日 鉱 共 石
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 南部商会福岡出張所	(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	田 井 文 夫	山 田 実
阿 部 忠 行	栗 谷 川 裕 造	辻 保 人	
荒 井 孝 雄	小 島 逸 平	鶴 窪 廣 洋	
安 崎 裕	児 玉 充 生	野 村 敏 明	
飯 島 尚	白 神 健 児	姫 野 賢 治	

アスファルト 第174号

平成 5 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.35 No. 174 JANUARY 1993

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION