

アスファルト

第43巻 第206号 平成13年1月発行

206

特集・座談会

座談会

21世紀の舗装展望

～新しい世紀に舗装技術が進むべき道筋～

阿部 忠行・稲垣 竜興・岩崎洋一郎・橋本 哲子

松本 孝之・吉田 武・<座長>阿部 頼政 1

<新刊紹介>

語り継ぐ舗装技術

中村 俊行 26

<第10回論文賞佳作>

主としてバインダの性状が遮水用アスファルト混合物に
与える影響について

清水 浩昭・関 伸明 27

<第10回論文賞佳作>

自動車の乗り心地に影響を及ぼす路面の特性

関口 英輔 38

<アスファルト舗装技術研究グループ・第39回報告>

峰岸 順一 47

第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議（その2）

アスファルト舗装技術研究グループ

<用語の解説>

インターロッキングブロック舗装

小島 逸平 55

天然ガス（natural gas）

瀬尾 彰 59

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料

62

ASPHALT

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

第79回 アスファルトゼミナール開催のご案内

社団法人 日本アスファルト協会

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

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

内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

敬 具

記

1. 主 催 社団法人 日本アスファルト協会
2. 協 賛 社団法人 日本アスファルト乳剤協会、日本改質アスファルト協会
3. 後 援 国土交通省、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
4. 開催月日 平成13年 2月15日（木）～2月16日（金）
5. 開催場所 京都市 からすま京都ホテル 3F「瑞雲」（案内図参照）
京都市下京区烏丸通綾小路下ル ☎075-371-0111

6. 内 容 裏面「プログラム」参照

7. 申込方法 (1)平成13年 1月30日までに、下記参加申込書に必要事項をご記入のうえ、下記申込先へ郵送またはFAXでお申し込み下さい。なお、FAXでお申し込みされた方は、必ず電話でFAXが届いているか事務局へご確認ください。
- (2)官公庁の方で、事務の手続き上参加費を事前に納入できない場合は、後日振込となりますので、申込書の空欄にその旨を明記して下さい。

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

9. 参 加 費 6,000円

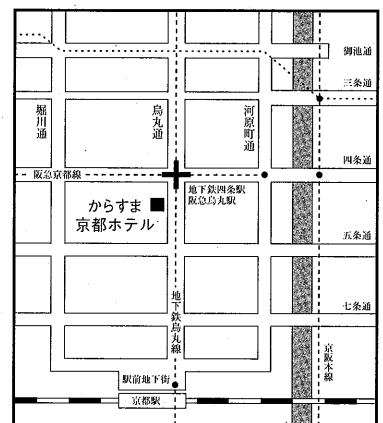
- (1)参加費は、請求書が届き次第、右記口座へお振り込み下さい。
なお、振込手数料は、申し込み者のご負担となります。
- (2)納入された参加費は、ゼミナールに欠席された場合でも返金致しません。
ただし、後日テキストを送付いたします。

10. 参加人数 (1)1300名（締切日以前でも定員になり次第締め切らせていただきます。）
(2)参加券の送付 参加券は、参加費の納入が確認されしだい送付致します。

参加券は、当日受付でテキストと引き換えになります。

11. そ の 他 (1)当日申込受付はできませんので、必ず上記方法でお申し込み下さい。
(2)宿泊のあっ旋は致しませんので、各自にてお願いします。

会場案内図



地下鉄四ツ谷駅下車（南出口6）、阪急丸の内線下車（西出口23）

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

第79回 アスファルトゼミナール 参加申込書

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

プログラム

開催日時 平成13年2月15日(木)～2月16日(金)
開催場所 京都市からすま京都ホテル3F「瑞雲」
京都市下京区烏丸通綾小路下ル ☎075-371-0111

第1日目 平成13年2月15日(木) 10:25～16:05

(敬称略)

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 挨拶 | 10:25～10:30 |
| 社団法人 日本アスファルト協会 会長 | 野 田 直 孝 |
| 1. ストレッチングとその効用 | 10:30～11:30 |
| 京都大学体育指導センター 助教授 | 井 街 悠 |
| 2. 語り継ぐ舗装技術 | 11:30～12:40 |
| (財)道路保全技術センター 理事長 | 多 田 宏 行 |
| (昼食休憩 12:40～13:40) | |
| 3. 海外の実態からみた性能発注の動向 | 13:40～14:50 |
| (財)日本建設情報総合センター 研究第二部長 | 吉 兼 秀 典 |
| (休憩 14:50～14:55) | |
| 4. 舗装用アスファルトの製造と流通 | 14:55～16:05 |
| 日石三菱(株)技術開発部燃料技術グループ 参事 | 長谷川 宏 |

第2日目 平成13年2月16日(金) 9:30～12:40

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

(講師は都合で変更することがあります)

平成 13 年度 1 級・2 級舗装施工管理技術者 資格試験の御案内

「1 級舗装施工管理技術者」および「2 級舗装施工管理技術者」の資格試験を下記のとおり実施します。

1. 受験資格：次表に示す区分①、②、③、④のいずれかに該当する者。表中の区分①、②、④の舗装実務経験年数は、卒業後の年数を、区分③は資格取得後の年数を示す。

区分	学歴または取得資格等		舗装施工管理に関する実務経験の必要年数 ^{注1)}			
			1 級試験		2 級試験	
			指定学科 ^{注2)}	指定学科以外	指定学科 ^{注2)}	指定学科以外
①	大学 卒 業 者		3 年以上 (1 年) ^{注3)}	4 年 6 ヶ月以上 (1 年)	1 年以上	1 年 6 ヶ月以上
	短 期 大 学 および 高等専門学校(5 年制) 卒 業 者		5 年以上 (1 年)	7 年 6 ヶ月以上 (1 年)	2 年以上	3 年以上
	高等学校卒業者	専任の主任技術者実務経験者 ^{注4)}	8 年以上【1 年】 ^{注5)}	11 年以上【1 年】	3 年以上	4 年 6 ヶ月以上
			10 年以上 (1 年)	11 年 6 ヶ月以上 (1 年)		
	その他の者	専任の主任技術者実務経験者	13 年以上【1 年】		8 年以上	
		15 年以上 (1 年)				
②	技術士(建設部門)二次試験合格者 1 級土木施工管理技術検定合格者 1 級建設機械施工技術検定合格者		1 年以上の指導監督の実務経験年数が含まれていること (資格取得以前のものも含まれる)		実務経験の年数は問わない	
③	2 級舗装施工管理技術者資格試験合格者 2 級土木施工管理技術検定合格者 2 級建設機械施工技術検定合格者		合格後 5 年以上の舗装実務経験(1 年) (今年度は、平成7年度以前の合格者が対象となります)			
④	区分③の合格者で 合格後5年未満の 場 合	短期大学および 高等専門学校(5 年制) 卒業者	専任の主任技術者 実務経験者	7 年以上【1 年】		/
		高等学校 卒業 者	専任の主任技術者実務経験者			
				9 年以上 (1 年)	10 年 6 ヶ月以上 (1 年)	
		その他の者	専任の主任技術者実務経験者	12 年以上【1 年】		
				14 年以上 (1 年)		

注 1) 実務経験の必要年数とは、舗装工事の施工管理に従事した年数をいい、平成 13 年 3 月 31 日現在で算定する。

注 2) 指定学科とは、土木工学、農業土木学、森林土木学、鉱山土木学、砂防学、治山学、都市工学、衛生工学、交通工学、緑地・造園学または建築学に関する学科をいう。

注 3) () 内は、指導監督の実務経験年数を示し、上記表中の実務経験必要年数に含まれていることが必須条件となる。

指導監督の実務経験とは、舗装工事の施工にあたって、現場代理人、施工監督、工事主任等の立場で部下を指示、指導または監督し、工事の施工管理を実施した経験をいう。

注 4) 専任の主任技術者実務経験者とは、舗装工事の施工にあたって、主任技術者および監理技術者として工事の施工計画作成、工程管理、品質管理その他の技術管理および施工に従事する者の技術上の指導監督を専任として行なった経験者をいう。

この専任の主任技術者実務経験は証明が必要であり、詳細については受験の手引きを参照のこと。

注 5) 【 】 内は、専任の主任技術者実務経験年数を示し、上記表中の実務経験必要年数に含まれていることが必須条件となる。

- 試験日：1 級・2 級試験ともに 平成 13 年 6 月 24 日 (日)
- 試験地：1 級・2 級試験ともに 札幌、仙台、東京、新潟、名古屋、大阪、広島、高松、福岡、那覇
- 受験手数料：1 級試験 15,000 円 (税込) 2 級試験 10,000 円 (税込)
- 受験申込期間：1 級・2 級試験ともに 平成 13 年 2 月 16 日 (金) ～ 3 月 2 日 (金)；消印有効
- 受験に必要な書類：1 部 1,000 円 (税込) (①受験の手引き②受験申込書③実務経験証明書等(三ツ折)④郵便振替払込用紙⑤申込用封筒である。)
- 頒布期間：平成 13 年 1 月 17 日(水)～3 月 2 日(金)
- 取扱所：(財)道路保全技術センター、(財)北海道道路管理技術センター、(社)建設弘済会(協会)、(財)北海道開発協会、(社)日本道路建設業協会
- 郵送を希望される場合は、道路保全技術センターに限り受付ます。次ページの郵送申込書(コピー可)に必要な事項を記入のうえ、現金書留(代金と送料)で請求して下さい。なお、送料は下表のとおりで 31 部以上の場合は下記の例のような組合せとなります。

部数	1 部	2～3 部	4～5 部	6～7 部	8～14 部	15～22 部	23～30 部
送料	200 円	500 円	800 円	900 円	1,200 円	1,400 円	1,600 円

例) 40 部の場合の代金と送料の計算例 $1,000 \text{ 円} \times 40 \text{ 部 (代金)} + 1,200 \text{ 円} + 1,600 \text{ 円 (送料)} = 42,800 \text{ 円}$

※郵送により「受験に必要な書類」を請求される場合は、この申込書に必要事項を記入のうえ、現金書留で請求して下さい。

郵 送 申 込 書			
下記により舗装施工管理技術者資格試験の「受験に必要な書類」を郵送して下さい。			
部 数	部	1 級	部
代 金	円	2 級	部
送 料	円	計	部
合 計	円	(代金=部数×1,000円)	
住 所			
〒 都 道 市 区 府 県 郡			
TEL - - FAX - -			
氏名または団体名			

返信用住所（当センターで発送の際に貼付するものですから、必ず記入して下さい）

住 所			
〒 都 道 市 区 府 県 郡			
団 体 名			
氏 名			
様			

参 考

1 級試験，2 級試験は、ともに一般試験（択一式）と応用試験（記述式）で行います。

主な出題範囲は次のとおりです。

種 別	細 別	
	項 目	例
土木工学	土工	・ 切土、盛土 等
	コンクリート構造物	・ 側溝、擁壁 等
	安全施設	・ 道路標識・標示 ・ 防護柵 ・ 道路照明 等
	建設機械	・ 土工用機械 等
	造園	・ 道路緑化 等
	共通	・ 契約約款 ・ 設計図書 ・ 測量、調査 ・ 試験 等
舗装工学	設計	・ 路床の支持力評価 ・ アスファルト舗装 ・ セメントコンクリート舗装 ・ 特殊な機能や構造をもつ舗装 等
	材料	・ 骨材 ・ アスファルト・セメント ・ 路盤材 ・ 加熱アスファルト混合物 ・ 舗装用セメントコンクリート ・ 特殊材料（新材料） ・ 試験 ・ その他 等
	施工	・ 路床、路盤 ・ 舗装用材料の製造・運搬 ・ アスファルト混合物の舗設 ・ セメントコンクリートの舗設 ・ 特殊な機能や構造をもつ舗装 ・ 舗装用機械 等
	補修	・ 在来舗装の評価 ・ 補修の設計 ・ 補修工法 等
施工管理	施工計画	・ 施工計画 ・ 建設副産物の活用 等
	施工管理	・ 工程管理 ・ 原価管理 ・ 安全管理 ・ 品質管理 ・ 出来形管理 ・ 検査 ・ 試験 等
舗装工事関連法規	労働関係	・ 労働基準法 ・ 労働安全衛生法 等
	建設業関係	・ 建設業法 等
	道路交通関係	・ 道路法 ・ 道路交通法 等
	環境保全対策関係	・ 環境基本法 ・ 大気汚染防止法 ・ 騒音規制法 ・ 振動規制法 等
	建設副産物関係	・ 資源の有効な利用の促進に関する法律 ・ 産業廃棄物の処理及び清掃に関する法律 等

座談会

21世紀の舗装展望

～新しい世紀に舗装技術が進むべき道筋～



出席者

阿部 忠行 財道路保全技術センター工博
稲垣 竜興 世紀東急工業㈱技術本部技師長工博
岩崎洋一郎 日本道路公団技術部道路技術課長
橋本 哲子 日本学術振興会・特別研究員工博

松本 孝之 日本舗道株式会社技術開発部長
吉田 武 国土交通省土木研究所道路部舗装研究室長
座長・阿部 頼政 日本大学理工学部
土木工学科教授工博

座長(阿部頼政) 本日は忙しい中、『21世紀の舗装展望』の座談会にご参加いただき、ありがとうございます。

早速ですが、本日の座談会の趣旨とその方向について、まず述べたいと思います。

皆さんもご存じのように、舗装が社会資本として整備されてきた初期の段階では、当然、舗装されているところがありませんでした。車が走れば砂埃をまき散らし、雨が降れば水たまりができ、凸凹路面では貨物車の積み荷が破損するといったひどいありさまだったわけです。

それが昭和29年の第一次道路整備五カ年計画から現在まで、12次にわたる五カ年計画によって、かなり整備されてきました。

その間、舗装技術もかなり進歩し、最近では安全や環境といった課題に積極的に関与できる機能を付加するまでになってきております。

しかし、こういった機能や性能の高度化が十分に認識されていないことから、道路工事によって引き起

こされる工事渋滞や、予算執行のマイナスの面のみを取り上げられる風潮があることもまた事実です。

そこで本日は、新しい世紀に舗装が進むべき道筋を模索してみたいと思い、いま第一線でご活躍の皆さまにお集まりいただいた次第です。

建設省の吉田さん、JHの岩崎さん、道路保全技術センターの阿部さんには官公庁の視点から、世紀東急工業の稲垣さん、日本舗道の松本さんには民間の視点からお話いただくことになると思いますが、あまりそれぞれの立場に固執せず、舗装技術者個人としての意見、そして夢と希望を語っていただくことを期待しております。

またこの座談会の一つの特徴になるかと思いますが、舗装技術と直接には関わりのない橋本さんに加わっていただきました。

簡単にご紹介しますと、橋本さんは日本学術振興会の特別研究員として、現在東京大学で研究中の方です。テーマは、『橋梁の耐震や経年劣化予測』と『ライフサイクルコストの最適化』と聞いております。

橋本さんには、橋梁と舗装の相違点や、20代の若い女性ドライバーから見た舗装への注文などを伺えればと思います。

さて、本題に入ります。今日お話しいただく内容を私なりに整理してみました。もちろんこれにこだわる必要はありませんが、一つのものの見方として参考までにまず申し上げます。

これからの舗装を議論する上では、2つの大きな流れを念頭に置く必要があると思います。

その第1は、舗装を取り巻く社会環境の変化です。例えば、本日は官・民・学の方々に集まっていますが、それぞれの職場環境でも大きな変化があると思います。

吉田さんは省庁再編の嵐の中ですし、岩崎さんは高速道路建設の新しい方式でこれからたいへんでしょう。阿部さんは地方自治体の財源不足に頭を痛めることでしょうし、稲垣さん、松本さんは企業業績や上請け問題などになかなか見通しが立たない状況にあると思います。一方、世の中とはあまり縁がないと見られがちな大学も、存亡の危機が始まっています。私立大学の3割がもう定員を確保できなくなりました。

つまり、本日のメンバーの職場を一つ取り上げてみても、大きな変革期にあり、舗装技術もこれに対応していかなければならないということです。この視点に立つと、キーワードは高齢化社会、ITなどの先端技術、環境保全、発注形態などが挙げられます。

もう一つの大きな流れは、ハードからソフトへの移行、あるいはハードとソフトの共存が挙げられます。

舗装のストックで言えば、これまでの50年間はハードの時代、つまり舗装をつくることが重要な時代でした。いま問われているのは、このストックをいかに効率よく運用するかということです。

ユーザーへのサービスを重視した管理・維持・修繕、そしてさまざまな機能の付加ということが求められていると思います。また、この面のソフトが進めば、それに対応したハードの技術が新しくまた求められます。

21世紀はこの方向に進むのではないかと考えられます。これらの流れのキーワードは、道路利用者および沿道住民、それから舗装管理システム、ライフサイクルコスト、機能の多様化、技術者育成、情報公開などでしょうか。

座長の話が長くなると、座談会は大体つまらなくなりますので、私からの前置きはこのくらいにして、このあとは司会役を務めます。

では最初に課題抽出の意味で、橋本さんのほうから、いま舗装に感じておられることをまずお話ししたいと思います。

☆道路利用者の視点とその対応☆

橋本 私は、土木関係の研究に携わっておりますが、普段、舗装技術といったものとはほとんど関係ない立場で生活しております。もちろん、毎日の生活を考えてみると、舗装の恩恵をうけている面はたくさんあるのですが、そのことを実感する機会はほとんどなく、むしろ、舗装と言われて、まず一番頭に浮かぶのはいつも工事中というマイナスイメージであるというのが正直なところですね。工事によって、渋滞が引き起こされますと、やはり、いらいらしますし、何故、そんなにしょっちゅう掘り返す必要があるのかなあと疑問に思ったりもします。実際問題としては、一見、舗装工事に見えても、電気やガスの工事のために舗装を掘り返しているだけという場合も多いのだと思いますが、一般ユーザーからしますと、どれも同じ舗装工事であって、感情的ないらだちと一緒にあって、必要以上に工事ばかりしているというイメージが先行してしまっているように思います。

ただ、2、3年前舗装というものに関するイメージが一転する出来事がありました。当時、私は、免許をとって間もないころだったんですが、高速道路を走行中に、ひどい雨に遭ってしまいました。前の車もほとんど見えないような非常に視界が悪い状態で、かなり緊張して運転していたんですね。ところが、ある区間にさしかかった時に、急に雨が止んだのではないかとと思うように、視界が晴れて走りやすい状況になりました。しかし、また、少し走ると、前と同じように視界が悪くなってしまいました。その時は、なんでそんなことが起こったのかわからず、大変不思議に思っていたのですが、後になってから、その原因が舗装の違いにあったことを知りました。走りやすかったところは、排水性舗装と呼ばれるようなもの、つまり水はけのよい舗装が用いられていたために走りやすくなっていたのだということを知ったわけです。舗装というのは、どれも同じだと思っていたのですが、舗装の違いがこれほどまでに走行性に影響するということを体感し、非常に新鮮な驚きを覚えました。

……設計やメンテナンスの思想は？……

以上お話ししましたのは一般ユーザーとしての感想なんですが、一方で、私は専門的には橋梁関係の研究をしております、舗装という分野はユーザーとの関係が非常に深いということも、橋梁との違いとして認識するきっかけともなりました。橋梁の場合ですと、技術開発をして、例えば耐震性をちょっと上げてみたところで、一般のユーザーにそのことを実感してもらうような機会は、常時では全くと言っていいくらい、ないんですね。それに対して、舗装の場合には、水をよくしたという技術開発の結果が、私のような素人にも快適性として実感できる。これはすばらしい分野だなと思いました。今日は、この排水の原理なども教えていただけるのではないかと楽しみにまいりました。

それからもう1点、私の感じている舗装と橋梁の違いを申し上げますと、舗装というのは取り替え周期が非常に短いという特徴があると思います。橋梁の場合、舗装に比べるとかなり長く持ちます。ただ、決して永久ということはありません。特に、今後、高度経済成長期に大量につくられた橋梁が一気に老朽化してくるという懸念から、最近になって、橋梁のライフサイクルをいかに考えるべきかというような議論がさかんになってきました。ただ、架け替えということを念頭においた、設計とかメンテナンスというものを、今まで考えてきていないので、劣化予測の方法やライフサイクルコストをいかに最適化できるのかなどについては、まだ、ほとんど具体的なビジョンがでてきていないのが現状です。

これに対して、舗装のほうでは、いままでにもう何度も更新を経験してこられているわけで、その設計やメンテナンスの思想などについてもお聞かせいただければと思っています。

座長 道路利用者の立場から、工事渋滞と排水性舗装に対するお話がありました。また橋梁と舗装の違いを研究者の視点から述べていただきました。

道路利用者に対する、あるいは沿道住民に対するサービスの向上という面から、行政はどう考えているかということも、最新の情報を含めまして吉田さんにお話ししたいだと思います。

……サービスの場として路面を提供……

吉田 われわれは舗装の整備、すなわち舗装の建設



橋本 哲子 氏

と管理を通じて、サービスの場としての路面を提供しています。すなわち、国民の方々が望むものをつくるというのが目的であって、そのための手段として舗装を整備しています。これが基本的な考え方です。橋本さんが例として挙げられた排水性舗装も、雨の日に高速走行しても安全な路面を提供するという具体的な目標の解決策の一つです。解決策としてはグルーピングでも勾配でもあるいはメッシュのようなものでも良いはずです。それが技術的に可能であれば。

座長が宣言された「ハードからソフトへの時代」というキーワードはいろいろな捉え方が出来ますが、建設と管理という捉え方もそのひとつだと思います。12次にわたる道路整備五カ年計画の最初のころは、とにかく道路をつくる、舗装する、1mでも長くつくる、だから安ければいいというような時代もありました。たしかにそれが日本の経済を支えてきたし、この国をつくってきたし、われわれの暮らしを支えてきたわけなんですけれども、それが行き詰まった。行き詰まったというのは、国民が求めているレベルが高くなり過ぎたということ、いままでのやり方ではこのような財源ではやっていけないというようないろんな面で行き詰まってきたということです。もういくつか前の道路整備五カ年計画の頃から、サービスを大事にしようとか、それから維持管理を重点的にやりましょうというようなことを目標にしてきたわけなんです。

「わかりやすさ」ということも大事にしています。橋本さんは舗装をご理解いただいている方だと思いますが、そうでない方にこそわかって頂く必要があります。例えばうちで家内と話していたって、舗装の技術の話なんかだと、もう途中で聞いてくれなくなるんですけれども、一番大事なことは道路におけるサービスであって、そのサービスの場として路面があって、路面を形成する手段として舗装がある、ということは聞いてもらえます。路面といえば、土工部にも路面がある

し、橋梁部にも路面があって、一般の方々からしたら、道路が土工部か橋梁部か関係ないわけですね。一番上にある路面ですよ、舗装といってもいいのかもしれないですけども、そういうものが大事だと。

ちょっとくどくなってきましたけれども、明石海峡大橋はご覧になったと思うんですけども、ほんとにあれを作り上げた橋梁技術、それからあれに携わった技術者のすごさっていうのは、もうぞくぞくするほど感じるんですけども、ある言い方をすると、あの構造物の中で最も重要なのは路面だった。数十メートルの幅があって、2キロにもわたるようなあの路面をつくりたかったわけなんですよ。あれさえできれば、主塔もいらないし、ケーブルもいらないし、フローティングでもよかったし、トンネルでもよかったはずなんですよ。ただ、いろんな面であれがベストな選択肢だったからあの形式を採用しただけで。

ですからいまこれは行政と言うよりも、われわれが目指しているのは、いかにサービスを提供できるか、そのための手段として、一番効率のよいものをどうやってつくっていくか、というところにあります。なんで毎年、年度末か年末には道路を掘り返しているんだ、これは舗装が悪いのか、道路が悪いのか、ガス管理めているのか、非効率じゃないか、というような意見にも応えなくてははいけません。橋本さんにはご理解いただいているように、路上工事は占用工事がほとんどなんですよ。だけど一般の方はそんなことは知らないし、われわれはそれを説明しなくちゃいけない。当然、説明だけでなく、サービスの維持向上にも努める。そのための技術開発も必要となる。

座長 はい、ありがとうございます。

橋梁というのは永久構造物と見られがちなんですが、実際にいまもう架け替えというか、補修が必要で、それが始まっているというお話がさきほどありました。

それと対比して、舗装の設計の思想、また設計の考え方を阿部さんからお願いします。

……舗装の破壊基準が不明確……

阿部（忠） さきほど橋本さんから、舗装の方が、ユーザーとの会話が日常的にあって羨ましいということなんですが、われわれ舗装関係者からしますと、全く逆ですね。設計に関しても、橋梁は対象物や使用する材料が明確であり、理論を通して、設計するという考え方があるんじゃないですか。

ということは、鉄やコンクリートなど物理性状のあ

る程度、明確な部材が壊れるか壊れないかと、その限界の変位量などを目指して設計という概念がありますが、舗装で扱う材料は破壊の考え方が不明確です。現在の舗装に対する設計より、昔、それこそローマ時代の方が、設計に対する考え方は、かえってはっきりしていたんじゃないかと思うんです。

何故かと言いますと、ローマ時代は、鉄輪の馬車や馬が早く走れるために真っ直ぐな道や舗装を造る。鉄輪が走っても壊れないために、石を敷いたり、それから馬のひづめを痛めないための土を敷きならすとか、使用目的がはっきりしていたわけです。

中世になってきて、フランスあたりですと石を敷くって技術はあるんですけど、ここでも街路という明確な目標がありました。しかし、現在、舗装の目的は、設計上の基準や材料となりますと非常に不明確な面が多く、舗装設計って何かなあということになります。安全・円滑・快適・環境など舗装の機能といふか必要な性能が議論されますが、どのような状態になればという定量的な指標がはっきりしていません。その最大の原因が、破壊の基準が明確になっていないからです。その点、橋梁の場合ははっきりしています。基本的には、部材が破断する、大きく変形することです。壊れた場合にどうなるかっていうと、人命に関わるんですよ。

ところが舗装の場合は、傷もうが、多少凸凹があろうが、人が死ぬってことははない。

タコマ橋の落橋は有名ですが、日本でも江戸時代ですが両国橋が人の荷重で折れちゃって、3千人も人が死んだという事件があるし。要するに橋という構造物は、壊れるという状況がはっきりしているから、それに対してどう設計しようという設計思想がクリアなんですよ。また、地震などの災害の後に着実に設計手法も進化しています。

しかし、舗装の破壊とはと問われた時に様々な答えが返ってくる、どれが正解か分からないというのが現状です。アメリカのAASHO道路試験において、PSI (Present Serviceability Index) というわだち掘れ・ひび割れ・平坦性等路面の性状と運転者の感覚とを考慮した指標をつくって設計したんですけども、歩行者や沿道住民まで含めたユーザーの感覚と路面との関係から舗装の破損の程度を定量化する指標がないのが現実です。

現在作成中の舗装技術基準をつくる時も、結局は舗装の破壊とは何かということに関して、関係者が頭を

痛めて、議論してきましたが、まだ明確じゃないわけで、舗装の設計というのはほんとに難しいと言えます。ただし、さきほど吉田さんが言われたように、ユーザーが望むものをつくりましょうという思想が、これからクリアになってきています。

その思想というのは、舗装というと以前は3Kという、これは土木全体ですけど、“汚い・危険・きつい”の3Kでしたが、舗装技術を新しい3Kで考えようと。これは効果本位っていうんですか、“効果・効率・環境”の“K”ですけどね。(笑い)

その3Kで物事を考えようというようなことで、相手の要求を十分理解した上で舗装を設計していこうということです。

座長 舗装の専門家というよりも橋の専門家に近いような、阿部さんからのご説明がありました。さて、岩崎さんJHでは排水性舗装を高機能舗装と称して世の中にアピールしておるわけですが、これから高速道路の整備でそういうもの、高機能——いろんな機能を付加したもの——をどのように考えておられるか、お話しいただけますか。

……高速道路の高機能舗装……

岩崎 さきほど橋本さんのお話の中にも、初めて高速道路を通った時に、部分的に雨が降っていないようなところがあったということだったんですが。その路面は、いま座長からお話しありました排水性舗装というか、私どもでは、高機能舗装という名前で世の中にPRしているんですが、その高機能舗装の部分だと思います。

その高機能舗装については、平成元年の頃からいろいろ試験的に高速道路の、特に雨天時の事故が晴天時の10倍以上あるということがあって、そういった事故を少しでも減らしたいということの中で、雨天時の走行の安全性と言いますか、いわゆる水はねとか、スモークとかの現象をなくそうということで、排水性機能を持っている舗装を高速道路で試行的にやってきました。

いろいろな試験工事をやった中で、高速走行とか、重車両とかに耐えられるような舗装がだんだんできてきたということで、平成10年からは全国的に高機能舗装化を図っているところですよ。新しくつくるところはすべて高機能舗装にしていますし、東名とか名神のように、もう供用して30年以上上っているような路線も、オーバーレイ等新しく取り替える場合は高機能舗装に



岩崎 洋一郎 氏

替えてきています。

そういう中で、これから10年位を目途に、全国の高速道路については高機能化するために、いま予算の確保とか、実際、業務の段取りを図っているところですよ。日本は世界的にも雨が多い国なんですけれども、雨天時でも安心して走っていただけるような路面が、21世紀の初頭には出来上がるんじゃないかと思います。

そういうことで、路面についてはもう高機能舗装ということになっておりますが、高速道路の建設事業として第2東名・名神という新しい道路があります。すでに現地では工事をやっていますけれども、その道路としては、路面の問題として高機能というお話しをしてきましたけれども、それ以前の問題としてあったのが、車の荷重により舗装のわだち掘れが発生するという非常に大きな課題があったんです。

そのわだち掘れをいかになくすかということで、かなり以前から取り組んできたんです。路面は高機能になったんですが、高機能というのは厚さが4cmから5cmの表層部分なんですよ。その下に何層もありまして、その下の部分がやはり強くないと、上もたないというようなことがあるんですよ。その下の部分をいかに強くするかということが、われわれの技術課題としてあるわけで、わだち掘れに強い舗装をつくらうというのがあります。

さきほどお話しした第2東名・名神というのは、一つには設計速度140キロで走れるという高速走行を前提にしていますし、もう一つは現東名からかなり大型車が転換するんじゃないかということで、トラックとかそういった重い車が走るということで、舗装にとっては非常に不利な条件というか、厳しい条件を想定しています。そういった高速性と重荷重への耐荷性の両方を兼ねた舗装ということで研究してまして、これについては今日の座長の阿部先生にお願いしておりますけれども、そういった高耐久性の舗装ということで、

コンポジット舗装をいま一つの大きな案にして取り組んでいこうというふうに考えています。

☆多様な要請への技術的対応☆

座長 吉田さん、これに関連して、建設省はどう考えておられますか。

……ユーザーオリエンテッドな研究……

吉田 さきほどから話題になっている昭和29年度からの12次にわたる道路整備五カ年計画というのは道路に係る施策と事業の五カ年計画なんですけれども、その第11次の時から技術研究の五カ年計画も作りました。5年後よりもっと長期のゴールがあって、5年後の目標を具体的に設定して、5年間やっていきましょと、研究をですね。そういう技術の五カ年計画というのがあって、いま土木研究所の道路事業のための研究は、基本的にはその五カ年計画に載っていないと、やっていないんですね。

さっき申し上げたように国民が求めているもの、あるいは行政としてやるべきものを整理すると、当然、ある体系の下に整理できるわけで、それに必要ないものは研究する必要がないということですから、ほんとに必要なものしかやらない。ただ行政の仕事というのは大きく2つあって、1つはいま目の前にある問題を解決しなくちゃいけないということと、もう1つは国家の百年の大計とかいうみたいに、一般の方々が——ちょっと失礼な言い方だけれども、——明日の生活しか考えていない時に、次世代のことを考えていろいろやっていくと。

研究の中身には、なんでこんなことやらなくちゃいけないのというようなものもあるかもしれないんですけども、いろいろやっていて。一番わかりやすいのは、JHが高機能舗装と呼んでいらっしゃる排水性のポーラスな舗装、それが確かに走りやすいんですが、ある種、それが騒音を低減するというような機能も性能もあるということがわかって、それを騒音対策にどう結びつけるかというような研究をやっています。あと、本州四国架橋のプロジェクトが一段落し、長大橋プロジェクトは海峡横断に移っていきますが、デッドロードをどれだけ減らすかという時に、舗装もちょっとでも薄くできないかというような研究もやっています。それから、騒音だけじゃなくて振動とかですね。それはいま低騒音舗装という解決策があるからみんな騒音のほうを力を入れていますけれども、実は沿道利



吉田 武氏

用者からすると「振動をなんとかしてくれ」というのがあって、それに対しては、いまこれだっというのがないわけなんですよ、解決策というのが。それをなんとかやらなくちゃいけない。それと、もうこれは都市内のいろんな問題になっているんですけれども、ヒートアイランドをどうするか。それはコンクリートジャングルだとか、アスファルトでも塗り固められている、これが原因だという、これが悪さしているというのはいろいろ言われているわけで、ほんとうにそうなのか。じゃあそれをどうすればいいかというようなことはやらなくちゃいけない。あと都市内のNOxですね。これはほんとうに舗装でできるのかどうかかわらないんですけれども。いま、都内の主要交差点ですが、3つの幹線道路が団子になっているジャンクションのところで、扇風機で淀んだ空気を拡散させる、あるいは吸着させるような素材を防護柵とかいのあるところ貼って吸着させている。それがそんなところでできるんだったら、例えば路面のあんまり荷重が乗らないようなところでやれるのかもしれないんです、そういう研究もやっていくべきだと、あくまでもユーザー・オリエンテッドな研究を進めています。

座長 今まで、お三方に道路管理者の立場から、舗装のあり方や舗装技術の多様性や高度化の必要性および具体的な対応技術についての話がありました。

施工者も技術の高度化への対応が迫られていると思います。そこで、松本さん、施工者の立場として技術開発の多様性や高度化について状況をおはなしいただけますか。

……造る側の技術から使う側の技術へ……

松本 道路構築に携わる者はこれまでのような、「整備すれば効果があった」という造る側の技術から、「目的と効果」という使う側の技術への基本認識の転換をしていかなければなりません。路面は道路利用者

が直に接する構造物であり、私たちは歩行者および運転者としての道路利用者や国民が舗装に何を求めているかを、絶えず認識しながら舗装構築に努めていく必要があります。施工者は道路管理者が計画、設計したものを実路で形あるものにしていきますが、道路利用者が満足するものを構築していくために、工法開発や施工技術の高度化をしていかなければなりません。

これらを踏まえて、道路舗装における快適性、安全性、円滑性および環境への対応の4つの視点から高度化の話をしたいと思います。

一番目に快適性ですが、車道と歩道に分けて考えます。

まず、車道において、快適な路面とは平坦で振動が少ないことです。対策として、路床や基盤の沈下などによる平坦性低下の防止のために、路床の構築や路盤の強化などが実施されています。そして表層・基層での平坦性の確保のためには、高締固めアスファルトフィニッシャの開発やセンサー技術の導入による高度化が行われています。

一方、歩道においての快適な路面とは雨天時に水溜まりがないとか、夏には照り返しがないなどがありますが、特に高齢者などにとっては、さらに弾力性があることがあげられます。前者への対応としては透水性舗装が、後者においては弾性舗装などが開発されています。

二番目に、安全性ですが、車道においては雨天時に滑らない、スモークグが出ない及び視認性がよいなど、冬季にあっては凍結しにくいなどが求められます。前者に対しては排水性舗装が、後者では凍結抑制舗装が開発されています。歩道においては視覚障害者誘導システムの開発やバリアフリーとしての段差解消などが検討されています。

三番目に円滑性ですが、車道においての円滑性とは交通渋滞がないことと考えます。これには交通容量の拡大や交通需要マネジメントで対応がなされています。自然渋滞となりやすい合流点、カーブ、交差点などの路面にはカラー舗装が適用され、自然渋滞の解消に役立っています。また、舗装工事による渋滞対策としては、時間短縮のためにアスファルト混合物の厚層での敷きならしが可能なシックリフト工法や二層同時に敷きならすフィニッシャなどがあります。

四番目に環境ですが、沿道環境、都市環境および地球環境の視点から開発研究が進められています。まず、沿道環境対策としては、騒音の低減を目的として開発された低騒音舗装が市街地道路を中心として採用され

ています。また、二酸化窒素の除去についても検討されています。次に都市環境については都市のヒートアイランド現象の緩和や地下水の涵養のための車道透水性舗装などが検討されています。そして地球環境対策として二酸化炭酸ガス削減のため、熱エネルギーを押さえる常温化舗装や中温化舗装技術が研究開発されて試験的に採用されています。

また、アスファルト舗装の再生技術や長寿命化のコンポジット舗装など省資源のための舗装技術が精力的に研究開発されて、実路での施工において機械化などが進められています。環境問題においては、これからも道路舗装の研究開発をしていかなければならないと思います。

先ほど阿部さんから3K“汚い・危険・きつい”の話がありましたので、施工者側の安全対策について触れたいと思います。施工者にとって災害防止は安全管理上の最重要課題ですが、なかなかうまくいっていないのが現状です。舗装工事における災害の多くは舗装機械と人との間で発生しています。これらの災害を減らしていくためには、ローラを使用しない工法など自動化や省力化によって舗設機械を減らす努力が必要と考えています。

座長 稲垣さん、話をつないでください。(笑い)

……文化人類学的なアプローチがあってもいい……

稲垣 私も技術開発をずいぶん長いことやってきているんですけども、一番気になるところは、要するにわれわれがつくった技術開発の商品っていうか製品、ないしは工法を含めて、成果品というのは寿命が非常に短いんですね。

これはもう前から気になっているところです。そういう意味で私もかなり古い時代からの、歴史的な勉強もさせてもらっているのですが、例えば、日本の舗装技術が本当に発展してきたと言われる日本の終戦後以降の歴史を見ても、昭和20年代初期の頃には、いま問題になっているような舗装のテーマは結構出ているんです。

例えば道路交通振動の問題。それも力学的な解析をやっている人もいますよ。当然、いろんな意味で技術的にまだ十分情報もない時代ですから、それほど完全な解析になっていないのかもしれませんが、ただ内容を見ますと、結構理詰めで、それなりに考えていられるというようなものもあります。ところがいまだに何も解決されていなくて、なおかつ道路交通振動



稲垣竜興氏

のテーマが当面解決すべき研究課題から消えちゃっているんですね。

それと同じように、例えばリサイクルっていうのは昭和50年前後から動き出して、その10年後ぐらいに、いわゆるリサイクル法ができて、いま舗装材料については、もうほとんど90パーセントぐらいは再生して使われている。建設産業の中で一番優等生って言われているようです。

これなんかも、実は昭和26、7年ぐらいには、当時の材料が悪かったせいもあるんですけども、2、3年で壊れたところで、すでに再生して使っているんですね。

だから、現在の舗装の技術開発のテーマというのは、ほとんどが一つの時代の中でサイクルで動いている。内容的にそんなに新しいものはないなあという感じがしているんですよ。テーマについても、ある意味で言うと、もう完全に言い尽くされている。

なにになぜそういう問題が一つひとつ、ある程度確実に解決されてこないのかなあっていうのを時々考える時があるんです。そういう面で見ますと、例えば道路整備、さきほど12次までっていうお話があったんですが、道路整備自体も5カ年計画の区切りでそれぞれやってこられているんですが、その裏には長期構想があり、もう一つ前に、現段階で言うと四全総、これからは21世紀の国土のグランドデザインという国土全体の総合開発計画があって、その流れに乗ってきているわけですよ。

そう言った方向性とわれわれの技術の方向性とをいかにマッチングするかという観点が、どうもいままでなかったんじゃないかな。やはり21世紀になって、これから先考えると、われわれは舗装技術の方向性っていうのも、まあ百年とまでは言わなくても、少なくとも人間が本来持つべき生活形態というものをもう少し考えて、その中に技術をどう埋めこむかっていうよう

な考え方でやっていくべきかなと思います。

そういう意味で言うと、われわれ技術開発を、何をターゲットにどうするかというテーマを設定して、時には、従来型の工学ベースの話だけでなく、文化人類学的な面からのアプローチもあっていいでしょうし、それ以外の分野のいろんな、いわゆる哲学とまでは言えなくても、そういった部分も含めて、場合によればポエム的な部分も含めて、総合的な計画がまず必要じゃないかなと考えています。

そういう意味で言いますと、例えばアメリカなんか、かつて昭和30年代の後半から、さきほど阿部さんがちょっとおっしゃっていましたが、AASHOの道路試験では純粹に、国土が発展するために、ないしは荒廃しないようにというような意味で、当時の金額を日本円に直したら百億円以上のお金が掛けられている。

向こうはもちろん車社会としての歴史も長く、それをベースにものを考えていますから、日本とは考え方のスタンスが違うというのはわかるんですけど、それにしても日本でそういう舗装という分野で、そこまで金をかけてやるという価値観が生まれてくるかどうか。

ただここ数年来の動きを見ていますと、さきほどお話があったような、要するに誰のための路面なのかという見方が出てきましたから、そこにいま私が申し上げたような、一つの哲学も入ってくるでしょうし、他分野からの考え方もいろいろ組み込んだ形の総合的な、新しい形の舗装工学の分野が出てくるのかなと思います。

そうすると5年単位の話じゃなくて、方向としては、50年レベルの技術の方向が出てくるような気はしているんですよ。

そういう見方でものを考えた時に、さきほど松本さんが、施工者の安全という意味で機械を減らす云々というお話がありましたが、例えば高速道路で、集中工事をやる時に、一般の通行しているところと工事の境界は、20メートル置きにゴム製のカラーコーンが1個置いてあるだけなんですよ。そこを一般車が100キロの速度で、走っているわけです。100キロのスピードで車が走った時を考えてみてください。もう恐ろしいスピードですよ、そんなところで仕事をさせること自体が大きな問題だと思うんです。

安全を大上段に掲げても、現実にはそんなことやっているわけですよ。だから、作業する人の人命をどう考えているのかというようなことを考えると、もっと違う方法を真剣に考えてしるべきじゃないかとい

うのもあるんですよ。

機械を少なくしてというのも必要でしょうが、1人でも2人でもいれば、車が飛び込んできたら終わりなんですよね。

これは高速道路に限らないことですが、実際に作業する中で、安全を含めてかなりの制約が出ているんです。どんなすばらしい設計、どんなに立派な工法を持ってきても、やはりその中でしっかり施工できる環境——いわゆる作業環境というのがなければ、設計で考えたが、現場に確実に落ちないわけです。

工事による渋滞は出来る限り起こしてはいけないというのが前提にあるんですけれども、時間が制約された中で、例えばアスファルト舗装を何時までに仕上げてやらなければいけない。ところが全体工程が決まっている中で、施工する面積は決まってくる。

が、アスファルト舗装は、十分冷えてからでないと交通に解放できない。端的に言いますと、時間が制限されている中でいい舗装工事をやろうとしてもそこにすでに無理が生じているというようなこともあるんですよ。

「わだち掘れが起きない温度で開放しなさい」といった建前はあるんですが、現実には、難しく、ある程度わだち掘れが起きる。

技術開発イコール安くていいものをつくる、これは当然のことなんです。そういう施工環境も含めて、やはりもう少しグローバルにものを考えないと、いつまでたってもどこかでごまかしがあるんじゃないかな、そんな気がしてならないんですよ。

座長 施工する側も発注する側も、それから世の中のユーザー、あるいはいろんな人たちがバラバラに考えているか、あるいは方向性がなかなか見えないからなのかな。

稲垣 ですから、長期構想的な、例えば50年後を見据えてあるべき姿を考えていくと、だんだんそこに近づいていくと思うんですよ。何かそれを解決しようという、姿勢をもっと大切にする必要がある。

例えば、「捨て場がないからじゃあ再生しようか」とか、「省資源の時代だからやろうか」とか、最近は、「音がうるさいと裁判になるからなんとかしようや」といった話から、「じゃあ低騒音をやりましょうか」とかの、場当たりの対応が多いような気がしますね。

☆技術に対する道路行政☆

座長 吉田さん、反論があるでしょう？

吉田 いやいや、まさにおっしゃるとおりでして、ただそれは予防線を張っていたわけじゃないんですけれども、行政の仕事には二通りあって、いまそこにある危機をなんとかするのと、国家の百年の大計みたいなものやるというので、道路技術五計もまさにそういうことなんですよ。百年とは言わないですけども、将来の明確なビジョンがあって、5年後の明確なターゲットがあって……

座長 これは、吉田さんが一番考えているはずですよ。

……ナレッジ・マネジメントをやる……

吉田 ええ。効率よく、システムティックにやることを考えています。いわゆるナレッジ・マネジメントだと思います。役所だけでなく民間も、人が変わって、昔の蓄積が生かされないようにだと困る。研究テーマについても、民間でもやっている、学校でもやっている、役所でも同じようなことをやっている、これでは無駄ですよ。

だから、ナレッジ・マネジメントをやるようなことをしなくちゃいけない。官・学・民の垣根をなくして、だからそれは情報公開というこの時の流れがまさに追い風ですし、一緒にやっというということになりますよね。

その時に、官・学・民と言いますが、民は民間の企業、舗装会社だけでなく、ほんとうはユーザーの方にも入っていただいて、意見を汲み取りながら、それがさきほど稲垣さんがおっしゃった、エンジニアリングだけでなく、文化人類学的な、そういうものもあるはずなんですよ。

座長 具体的に動かないんでね、みんな。さっき稲垣さんが言われたように、20年前、30年前にやっていることを、みんなこれが課題だと言いながら、誰も解決していないんだよね。誰かが始めると、流行みたいに皆が集まり、上手くいかないと解決しないうちにすぐに散ってしまう。何年かしてまたこれの繰り返し。これは一種の国民性なのかな。

阿部（忠） それはインパクトも違うんですよ。例えば昔、将来の道路交通環境予測したとしても、現在の車両の保有台数、いま7千万台ですか。そういう時代を、10年前、20年前に想像したかっていうと、こ

れ、その時はその時なりの問題があるんですけどね。それをある意味ではその時その時に解決しながら、全体的にはスパイラル的に、進歩していると思うんです。

技術の進歩というのは山登りと同じで、いまやっているのは非常に苦しいんだけど、そこで努力すれば必ず時間がたてばどこか進展している。さきほど言った50年間もう1回見直してみますと、ああ、こんなに進歩しているなっていうところもあるんじゃないかなあと。

だから、悪いところも見なきゃいけないけれども…

稲垣 昔は舗装をやっていたら、沿道の家の人がお茶やお弁当出してくれた時代もあったわけですよ。いまは裁判で負けたりするわけですよ。

だからそれが、僕はほんとうに進歩っていうのを、技術だけ見る話じゃなくて、さきほどナレッジ・マネジメントって話ありましたが広い範囲からの知恵を集約する方法もこれから必要になると思います。

阿部(忠) でも、逆に、それだけ注目浴びているのかもしれない。逆に言うと、裁判のターゲットにいままでならなかったんですよ。ただ道を、例えば土をほじくって、なんか敷き均したという時代から、要するに社会基盤を構成する施設として認知されてきたということではないでしょうか。

☆環境改善のアプローチ☆

座長 それはね、資産が大きくなってきたら、その資産自体が一つの有機物として動きだすということがあるからだと思いますよ。人類の進歩の歴史がそうでしょう。

さて、話題を次に移します。環境対応の材料や施工技術開発、盛んに行われるようになっていますが、いま環境というキーワードで舗装に何ができるか、どこまでできるか。まあ今まで話も出てきましたが、それを少し考えてみたいと思います。

今度は橋本さんに…。

……舗装で環境対応は何処まで出来ますか？……

橋本 新聞なんかを読んでおりますと、都市がアスファルトで埋め尽くされているために、集中豪雨時に都市機能が麻痺したり、都市の温暖化がおこっているというような趣旨の記事を時々見かけます。

集中豪雨時の都市機能の麻痺というのは確かに深刻な問題で、私自身も運転中に急に雨が降りだして、降りだしたと思ったらもう路面が川のようになってしま

って、このままだと車が止まるかなというようなことを、体験しました。マスコミの解説などでは、都市はアスファルトで舗装されているため土の部分が少なく、水の逃げ場がない、また、下水の整備も十分でないから都市で洪水が起こるというような内容になっていたと思います。この解決策として、雨水を舗装の中に浸透させればよいというような話がでていたのですが、舗装厚にも限界があるわけで、雨がかぎりなく——かぎりなくってということもないですけども、長い時間降った場合に、そんな吸収能力があるのかどうか疑問に思っています。また、舗装で吸収したとしても、やはりそれは最終的に下水に流れるしかないわけで、結局は下水の整備が十分でない限り、舗装で工夫をしても都市洪水は起こってしまうような気もしているんですが…。このへんの技術的なお話をうかがえればと思います。

それから、温暖化について、一般的にどうも、ヒートアイランドといった局所的な温暖化と地球全体のグローバルな温暖化が混同されているようですが…舗装側が都市の温暖化をひきおこしているという批判に対して舗装の側では何らかの対応策が開発されてきているのでしょうか？

座長 透水性舗装では、東京都で昔からいろいろ苦労してこられていると思うんですが、阿部さんお願いします。

……舗装事業における環境の内部目的化……

阿部(忠) 新しい基準の中のさっき言った“3K”っていうのがありますね、「効率・効果・環境」という、その中の一つに環境の内部目的化ということがあります。

環境の内部目的化というのは、いろいろな制度、あるいは費用対効果の判断基準などに環境の視点を明確に位置づける。舗装などの社会資本の整備に際して、環境対策を付加的な政策ではなくて、舗装本来の姿の一部として位置づけるというのが環境の内部目的化ということなんです。

舗装を造るときも、管理する場合でもこれから環境というのがものすごく大切になるということです。

それで、橋本さんのご質問ですけども、最近、都市型の集中豪雨による局所的な地域の洪水が非常に多くなったといわれますが、これは、やはり都市化が大きな原因であることは事実だと思います。建物以外は全て舗装で被覆されてしまい、裸地はほとんどありま



阿部 忠行氏

せん。

一方、河川改修事業も進んでおり東京都の場合ですと、50ミリ対応はほぼ完成し、75ミリ対応を進めています。それから下水設備もほぼ100パーセントということで、多少の集中豪雨があっても理論上は大丈夫なんです。しかし、これは全体の面積に対してであり、一部に集中的な豪雨がありそれが一時に流出すれば洪水となります。

透水性舗装でも長時間降り続けば浸透しなくなるという話がありましたが、雨がガーッと降った時のピークをカットして、その部分を少し時間的にずらせさえすれば、多分河川だとか下水は十分のみこめる施設はできているということで、初めのピークカットのことが舗装に一つは求められているわけです。

透水性舗装は、昭和50年代ですか、東京砂漠って、非常に雨が少なくて、東京の中がカラカラになってしまった時に、東京都の施策として行いました。初めは、樹木が可哀想だから、なんとか水を土の中に入れてやらないと、樹木が枯れちゃうということで、歩道部で透水性舗装を開発したわけです。

歩道部に限定したのは、舗装自体に水を入れることは舗装を弱化する、舗装に水を浸透させることは舗装にとって、アンチテーゼなわけですね。舗装は水を遮断するというのが重要な機能であったのですが、東京都の施策では、まあ歩道ぐらいは水を入れてもいいじゃないかということで、歩道の透水性舗装をやってきたんです。

次に、排水性舗装という形になったんですが、これは水を排除するというものです。透水させずに、どこにでもいいから排除する。要するに路面から水を速やかに排除するというのが排水性舗装ですね。

現在、検討されている車道透水性舗装というのは、区画街路など重車両の通らない舗装を透水性にすることです。車道は歩道に比べて容積が非常に大き

い。歩道の厚さが15cm位ですが、車道はまあ60～80cm以上の厚さがあるんですね。それから面積的にも、道路の3分の2程度は車道なんです。

その部分に水を通してしまおうと。こうすれば、多少ポツと雨が降っても、初めの部分はかなり水量を貯留することができるわけです。

そうしますと、ある意味ではさきほど言った洪水に対するピークカットができます。

水以外に、舗装で環境問題に対応する技術として、幾つかあります。

まず一つは低騒音舗装による道路交通騒音の低減というのがあります。これは簡単に考えれば、排水性舗装を車道に使えば騒音は低減する、これは現実に環境騒音を3から5デシベル低減させることが出来ます。

また、路上工事でいろいろ渋滞とか工事騒音や振動で近所に迷惑をかけるということに対しては、舗装の寿命の長期化ということがあります。舗装の設計は、いままではアスファルト舗装は10年ということなんですけれども、まあ40年ぐらい設計寿命をもっていっちゃおうと。ただし、路面の寿命は15年位ですが。舗装の構造的な部分は40年寿命として、路面は畳の表替えじゃないですけど、15年だとか10年とかって替えていきましょうと。そうすると路面の補修工事は非常に短時間にかつ安価にできるわけです。

車道透水性について、先程の貯留機能が、ヒートアイランドの現象を抑制することができるかどうかを検討課題になっています。ヒートアイランド減少を抑制することによって地球温暖化防止に幾ばくかでも貢献できるということです。これは、舗装で言いますと、透水性舗装よりも色かなと個人的には思いますが。白あるいはねずみ色の舗装は、黒い舗装よりもヒートアイランドの抑制には貢献するんじゃないかという気がします。

それからもう一つは、1回透水した舗装から水が蒸発し、気化熱で周りを冷やす。それをうまく利用する、保水性舗装って言うんですけれども、うまくすればうまくいくのかなあというようなことです。

これも地球温暖化抑制の貢献ということになるかもしれませんが、二酸化炭素の排出抑制として、舗装材料の常温化或いは低温化が検討されています。

道路交通振動を抑制する舗装という、これはいまの現在では、路面を平坦にすることと、剛性の高い舗装にすることが解決策と言われているんですが、これも路床に振動を吸収する材料として、Fe石灰などの利

用が考えられます。

それから二酸化窒素を減少させる工法として光触媒（二酸化チタン）を利用する方法があります。自動車から排出される窒素酸化物は太陽光の紫外線に当たりますと、光触媒により一酸化窒素が二酸化窒素に、また二酸化窒素が硝酸イオンにされます。つまり、ガス状の窒素酸化物が固体状の硝酸化合物として光触媒固定材に付着します。付着した中性の硝酸化合物は雨に洗われもとの光触媒の状態に戻ります。この繰り返しによって半永久的にその効果が持続する理屈なんです。この工法は試験的ですが、実道路で施工されております。

ただし、費用効果という問題ありますよね。非常に高い平方米幾らっていう形になりますので、費用効果さえ考えれば、今後、必要であれば使われるということなんです。このように舗装から環境を改善する方策というのはかなりあると考えております。

また逆に利用者、あるいは社会から注目されている現在ですね。積極的に、いままでみたいに人に迷惑かけたというんじゃなくて、舗装を通して環境を改善しようという積極的な態度・姿勢っていうんですか、これも重要なあとと思っております。

座長 だいぶ苦しい説明だったんだけど（笑）、ほんとうに舗装の中に水入れるの？

阿部（忠） はい、車道に水を入れます。唯、そのまま路床へ入れるか、脇へ抜くかは適用する場所において慎重に考えるべきです。

それから、環境に関すること付け加えたいのは、あれもこれも、この工法でできるっていうことを考えないことですね。適用する工法は目的を明確にしてそれに沿った方法でやらないと駄目だと思うんですね。

いいことには必ず副作用もあります。即効性のある新薬には必ず副作用がありますから、その副作用を考慮した上で薬は使うべきだと。技術も同じように。そういう意味ではハードとともにソフトが重要であると思います。

……アカウンタビリティの向上が重要……

稲垣 さきほど少しお話ししましたが、昔は舗装することで沿道の人、沿道の利用者がたいへん喜んでくれたという前提で考えると、舗装がない時代というのは非常に困っていたわけですよ。舗装が整備されることによって、ある意味で言うと、環境に対するぜいたく度みたいなものが出てきた。

一つは、どこに我慢の限界ないしは妥協点を置くか

というような部分が、このへんが社会の哲学として成熟していないような気がするんですよ。

だからわれわれ、舗装をできるだけ整備していこう、その整備の内容をどうするかっていう時に、やはり道路利用者が100パーセント、なにやっても文句言わないようなものなんてありえないと思うんで、そのへんのいわゆる広報っていうのが十分だったかなと反省する必要がある。

いわゆるエゴ的な部分で表現すれば、なんだって——いい音楽だってうるさいって言えばうるさいわけですし、それと同じようなところもあるんじゃないかなという気はするんですよ。

だけどまあ、そうは言ってもやはりいろいろ批判があるというのは、謙虚に受け止めてものを考えますと、アカウンタビリティの向上が重要ですね。説明に当たっては、これはこういうことでこれだけの効果があるんですよ、場合によればこういう副作用は少しあるけれども、どっちがいいかなと比較して考えてみればこっちのほうがいいでしょう、というところまで踏み込んだほうがいいのかなと。

いままで、効果面は強調しますが、その副作用には触れないという傾向があったと思うんですけど。車道透水性のように、水を舗装の中に入れて、その上に車を通すというのは、従来の舗装技術の概念から言うと、完全に従来の考え方を否定している部分があるんですよ。

いかに水を通さないようにしましょうっていうことで一生懸命頑張ってきたものを、180度コロッと変えてやろうというところでいろいろ難しい問題がありますが、いま見直されている性能・機能という部分に関わる新しい効果が期待されているわけですから、ぜひ行政的にも、一生懸命やっていただきたいなあと、思いますね。

それから、便益という部分ですね。これをやることによって、どれだけの利用者なりエンドユーザーなりに利益を与えるかっていう便益の考え方、これが例えば阿部さんが言われた排水性なり透水性で車道でやった場合に、3デシベルとか4デシベル騒音が落ちるよといった時に、じゃあその1デシベルは幾らの価値があるのかという、この見方がいまだ確立されていないんですね。

要するに投資に対してその便益の効果を比較する時に、例えば投資が1平方メートルあたり100円だとして、それに対する便益が1円ではあまり意味ないわけですが、

逆に1平米当たり200円の便益があるということであれば、大きな効果になるわけですね。

そういう便益に対するものの考え方を、われわれのほうもやはりしっかり構築していかなければいけないのですが、これがまだできていないと思うんです。これがまだはっきり構築されていない段階で、例えば平成4年版の舗装要綱にもライフサイクルコストのことが書いてあるんですよね。書いてあっても、「そういうのをどうやって計算するの」というのがどこにも示されていない。

座長 それは環境に対しての便益だけではなくて、いろんなものに対する費用と効果ですね。

稲垣 だからそのへんはさっきも言いましたように、われわれの舗装の技術だけで対応するんじゃなくて、もっと総合的に検討する組織なり機会をつくっていく必要があるんじゃないでしょうか。そういう意味で言うと、やっぱり座長なんかぜひそういう面で取り組んでいただきたいなと。(爆笑)

座長 おっと…、鋒先が逆向きになってしまいました。環境については松本さん、吉田さん、それから岩崎さんも環境に対していろいろあると思いますが…。

……景観と沿道環境の保全……

松本 それじゃあ私のほうから…

環境に関して、良好な生活環境をつくる景観および沿道環境の保全の視点からの話をします。

まず景観についてですが、私たちが道路舗装の機能を考える場合、交通機能のことをまず第一に考えますが、道路のもう一つの機能である空間機能、特に生活環境スペースにおける舗装について考えることも必要と思います。人の生活に快適さ、豊かさおよびゆとりを与えるなど、よりよい生活環境の創造のためには、美しい景観の街並みが欠かせません。高速道路や幹線道路などの交通機能を重視する道路舗装と異なり、生活関連道路における舗装はどのような役割を果たすのか、潤いなどを考えると一般の舗装でよいのか等が課題となります。特に、商店街の人と人とのふれあいが重要である道路舗装には景観が重要な要素となります。

最近、道路舗装のデザインや配色をコンピュータでシミュレーションする技術が導入されています。商店街等の舗装改良において、道路管理者は専門家とともに良い景観を形成するため、街並みに調和した舗装の材質、デザインおよび色などの選定を行います。この場合、町づくりの主役である住民や商店主の意見を



松本孝之氏

十分に反映する必要があります。その具体的な方法としては模型を作製して示す方法などがありますが、コンピュータシミュレーションによるプレゼンテーションが試みられています。住民を前にして、既設の街並みと、新しいデザインを比較しながら住民の意見を採り入れつつ計画を進めていきます。

次に、沿道環境の保全についてですが、暴走族のスピードの出しすぎなど無謀運転による騒音問題を解決すべく、スピードを出しにくい路面をつくるのが試みられています。一般には、路面は快適走行確保のために平坦に仕上げてそれを維持していくことが求められますが、逆に路面に凹凸をつけるものです。具体的には、路面に波長9～15m、波高60cm、異相差20度の正弦波のハンプを連続して3波長以上設置した舗装であり、この波形により速度を超過した特定の車両のみ共振を起こさせて、ドライバーに不快感を与えて速度抑制を促すものです。正弦波形の形状を変えることで制限速度を低速から高速まで変化させることが可能で、ローリング族やゼロヨン族が出没道路、交通事故多発地点および騒音が問題となっている住宅地に適用できます。

……ライフサイクルと新しい3K……

吉田 さっきから出ているライフサイクルと3Kについて、ちょっとお話をさせていただきたいんですけども。環境を問題にするというか、環境を改善・保全できるような舗装を考える時のそのステージがいつかということなんですね。

ライフサイクルが、まずゆりかごから墓場までなんですよ。だから供用している路面としてサービスを提供している時に、低騒音だとか排水性だとか沿道への環境とかいうのは当然あるんですけども、舗装が生まれる時と死ぬ時ですよ。要は舗装をつくる時と、撤去してやり換える時に環境にどう悪さをしないかと

ということです。これはもうリサイクルということになるんですけどね。管理と建設段階というこの2つのステージを考えるべきなんですよね。

非常に効果的な低騒音舗装をつくる。その時にゴムを使うとしても、そのリサイクルもちゃんと考えておかないと、それはライフサイクルをコストで考えた時に、そういう考え方で見た時に、どちらがよいかということになるわけなんですよね。あるいは、それを考えておかないといいものがない。

それと、効果・効率・環境という視点を3Kと称しているんですけども、例えば3Eでもいいんですよ。エフェクト・エフィシエンシー・エンパイロメントでもいいんですけども。それをなんで最近、言い出すようになったかというのは、昔から当然、みんなが意識しないでやっていたことを整理するとこういう切口があるということだけなんです。環境は効果の中にも入れてもいいんでしょうけれども、環境に対する効果がある・なしとか、いい・悪いとかですね。ただ、それをあえて外に出したと。なんでかと言うと、世間が環境を求めているからですよ。

さきほど、冒頭の座長のご挨拶の中に、社会が変わっていく、組織も変革していくというのがありました。これはたしかにいまわれわれの進む状況としては間違いなくあるんですけども。だからどう対応しなくちゃいけないというのではなくて、世間が、あるいは社会があるものを求めている。それを叶えるには効率のいい社会・組織が必要となる。その結果、例えば建設省は国土交通省になったし、研究所はエージェンシーになる。すなわち、そこで求めているところは効率なんですよね。世間が求めている、国民が求めているサービスを提供し、効果のあるものをつくる。それが目標だし、やる組織としては効率のいい組織にしくちゃいけない。

環境というのはまた別に考える。売れるものとしてですね。売れるというのを申し上げましたけれども、まさに組織を変える、エージェンシーにする、国土交通省にするというのは、効率のいい組織をつくるということです。これは民間の企業では、ビジネスの場では当然やっているようなことであって、ビジネスというのは相手が求めているものを渡して、対価をいただく。自分が持っているものを、これを買えというんじゃないくて、そんなところは潰れるわけですよ。クライアントが求めているものをお渡しして対価を得る。それをいまクライアントである国民が環境を求めている

る。だからわれわれはちゃんとそれに対応しなくちゃいけないというふうに考えます。

座長 岩崎さん。

……緑陰駐車場と凍結抑制舗装……

岩崎 そうですね、環境というテーマなんですけれども、2つほど紹介したいと思います。

1つは、最近のサービスエリアだとかパーキングエリアで取り組んでいます緑陰駐車場というのがあります。これは地球温暖化防止というか、ヒートアイランド防止ということで、特に駐車場に長期間止める時に、夏場ですと非常に暑いということでクーラーをつけっ放しにされて駐車する、そういう車が多いわけですね。特に大型のトラックの運転手さんなんかが、かなり長時間、時間調整で休むということで止められるんです。排気ガスの発生もありますし、エンジンつけっ放しということがあるんで、そこで緑陰ということで木を植えて、木陰にすることによって駐車場の温度が下がるという効果もあります。その中で舗装の関係で言うと、さきほど透水性舗装という話が出ていましたけれども、まだ残念ながら透水までいかないんですけども、駐車場の路面も高機能舗装ということで、表面の水は流すというような処理をしています。

駐車場の中に植わっている木に、やはり水を供給するということの中では、降った雨水をうまく有効利用するというようなことも考えていかなければいけないということで、そういった意味で見れば、さきほど都市部の道路で透水舗装という話もありますけれども、やはり高速道路のPAとかSAのようなところでは透水性舗装というようなことも考えなきゃいけないと思います。

それから2点目は、日本は非常に南北に細長い国土、雪の降る地域が半分以上あるということで、そういった冬に雪が降るようなところでは、雪氷作業といい、雪が降りますと走れないということで、雪を除雪する作業があるわけですが、除雪の作業と平行して路面が凍結しないように塩をまくような作業をしています。

また、舗装の中に凍結抑制舗装というようなことでいろんなゴムを混ぜたりとかいろんな方法があるんですけども、そういった舗装体の中にいろんなものを混ぜて凍結しづらいような舗装にする。あるいは雪が凍結してもそれが解けやすいということで、最近、遠赤外線ということで取り組んでいるんですけども、太陽の光でもって雪が解けやすくなるようなことがで

きることなので、舗装体の中に混ぜて施工するようなことをやっています。

そういう意味では、雪の降るところについて言えば、従来の舗装単体だけでなく、舗装となにかほかのものを付加する等の工夫によって、新たな性能というか、そういった機能が生み出せるのかなあという気がしています。

☆社会環境の変化と舗装☆

座長 次に移ります。今度は、「社会環境の変化と舗装」ということで、お話を伺いたいと思います。高齢化社会と言うことからバリアフリーがよく話題に上りますが、その高齢化にかぎらず、社会環境と技術、あるいは舗装という観点からそれぞれお願いします。

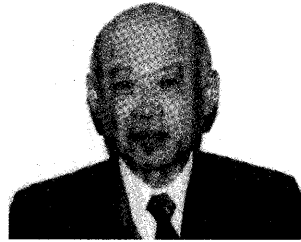
……法律や技術基準は道具……

吉田 私は行政の人間ですから、やはり法体系のことをお話したいと思うんですけれども、法律も技術基準も道具なんです。行政が仕事を効率よく進めていくためにルールとして決めておいたほうがいい。そういうものはツールとして存在するわけで、それに縛られるのは変な話なんです。

ですから、社会環境が変わって、効率が悪くなればそれは変えるべきであって、法律なり技術基準は道具なんですから、もっと使いやすい道具にどんどん変えていくことはやぶさかでないと思うんですね。

クリント・イーストウッドの『ダーティハリー』っていう映画があったんですけれども、稲垣さんのような髪型をしたサンフランシスコ市警の刑事ですけれども、第1作だったと思うんですけど、彼が警察内部から何か言われて、「それは法律が間違っているんだ」って、カッコいいこと言うんです。まずそういう話であって、必要に応じて法律なり技術基準を変えればいいと思います。

道路の法体系は、先ず道路法があって、次に道路構造令というのがあって、その道路構造令の中にも舗装の条項があるわけなんですけれども。それを建設省が変えようとしていて、それはどう変えるかという、例えば、現在「アスファルト舗装かセメント・コンクリート舗装とすること」となっているのを、これ、縛っているわけなんですね、これを取る、取ってなんでもいいと。要是そういう交通量に対応できればいい、耐久性があればいい。そういう性能さえ確保できれば、なんでもいいと、そういう方向で変えようとしています。



阿部 頼政 氏

これはまさに社会が効率のいいやり方をするには、あるいは新技術を受け入れるにはということで変えようとしています。

……舗装も情報媒体……

稲垣 舗装全体を考えた時に、それをいかに効率よく運営していくかということで、PMS (Pavement Management System) のような考え方が、行われているわけなんですけれども、いわゆるアセットマネジメントといったような、舗装ストックを資産全体としての位置づけというような考え方に、これから変わってくるんじゃないでしょうか。

それと同じように、いまバリアフリーに対するデザインということで、境界や段差をなくす面に重点が置かれているような気がしますが、人が歩くというような部分でも、もう少し広げた形でユニバーサルデザインといったスタンスでものを考えていかなければいけないんじゃないかと。

そのへんがこれから高齢化だけでなく、例えば障害者に対する対応も含めて、全体的にもの考えるというようなことが必要になってくるだろうと思います。

そういう弱者が増えてくる時代に、舗装はどういう位置づけになるのかということなんです、舗装自体もこれから一つの情報媒体として、いかに情報を、効率よく与えていくか、ないしはわかりやすく対応していくかというようなことで、電子関係の情報発信だけでなく、カラー的な対応、路面のキメといった面からのアプローチでの対応など、いろんな形が考えられると思いますよ。

それが一つの道しるべというんですか、案内になったり、それからその近辺にそれこそ老人養護施設があるとか、幼稚園があるとか、諸々のそういう施設との関連も含めた設計方法、そういうふうなものを考えていく必要があるんじゃないでしょうか。

……高速道路のサービス向上……

岩崎 そうですね。高齢化と高速道路についてですが、高速道路には1万4千キロという大きな計画がありますけれども、それらが出来上がった時代を考えると、あるところからある目的地まで行こうとする時の手段っていうか、ルートとしては、複数出てくるようになると思います。例えば、今日はこちらの道を通っていくけれども、次はこちらとか、行きと帰りはまた違う道を通っていくというようなそういう選択の幅が広がるような時代がくると思います。それと、運転をする方もかなり高齢の方が増えてくるのじゃないかなという気がします。

そういった意味では、目的地までの案内というのか、どのインターで出たらいいのかというような案内をちゃんとし、目的地で降りれるような形にするということで、一つは標識ですね。目で見える情報として標識があるわけで、それを大きくするなり、あるいは見易くするなりとか、見落としをしないようにというようなこともあるかと思っています。

それから車の中での情報ということで、カーナビとかいろいろ出ていますけど、ああいう中で次のインターの情報が出てくるというか、そういったことで間違いなく目的地のところで降りれるというような、案内が必要じゃないかなと思います。

それと2点目は、長距離を走るわけですから、当然、途中でトイレとか食事とかそういう休憩をするわけで、そういった高速道路の中で唯一、人が降りる設備としてあるのがサービスエリアとかパークエリアということで。そこでは車を降りてレストランとかトイレへ行く時、やっぱりバリアフリーというか、平坦というか、段差がないような設備はつくらなきゃいけませんし、すでにそういった形でサービスエリアなんかは整備してきています。

それからもう1つは、トイレの数ですね。特に女性のトイレの数、昔は数が足りなくて、大きな観光バスがくると、女性のお客様がトイレへ入れなくて、順番待ちが出来てしまっただけの場合によっては男子のトイレまで女性の方が入ってしまったということまであったそうなので、お客さまからクレームがあったわけなんです。最近の取り組みとしては女性用のトイレの数を増やしています。

それと、将来的にはITSというか、そういった技術も導入してくれば自動運転ということもあるでしょう

し、あるいは異常気象時、例えば霧が出たとか大雨の時でも安心して走れるような、走行支援というのか、そういったものがだんだん出来るようになってくると思います。

言ってみれば、21世紀にも高速道路を使って、例えば余暇時間を活用ということで、快適に目的地まで行けるというようなことが望まれると思います。

舗装についての一番の基本は、やはり一番最初に申し上げた路面がどうかということになるかと思っています。それについてはやはり全面的に高機能の路面ということで、雨の日でも快適に走っていただけるような、それから車が多くても、あるいはスピードが出ていても非常にその周辺にとっては音が低減されて、音の問題がないというようなことが必要じゃないかと思っています。

……バリアフリーへの取り組み……

松本 バリアフリーの取り組みとしては、路面においては幅の広い歩道の整備、歩道部の段差・傾斜・勾配の改善及び構造物として側溝の補修、蓋の設置などがあげられます。先ほど稲垣さんからバリアフリーに関して電子関連の情報発信の話がありましたが、舗装路面に埋め込む形での情報技術（IT）を使った歩行者版のITSの開発も行われています。視覚障害者の誘導や観光客の目的地までのガイドなどがあげられます。また、路面としては、足に優しい舗装としてバラストップなどに弾性ブロック舗装などを適用している例があります。舗装としてそのほかに色、光るなどの研究も試みられています。

座長 阿部さんもひと言、あるでしょう？（笑い）

阿部（忠） 先日、駅のエスカレーターを逆に降りてつまずいて怪我しちゃったんですけど。

建築の方でハートフル法っていうのはもう既にありますよね、交通バリアフリー法と同じですかね。駅周辺ではハートフルで、エスカレーターなんかどんどん普及していますが、道路の方はちょっと遅れていますね。

道路舗装でも、不連続性をなくすることが重要です。橋がなんで重要かと言うと、それは交通の不連続性をなくしたからですね。

現在、舗装に関連する箇所でも不連続がどこにあるかと言いますと、交差点部です。視覚障害者が交差点を渡る時に、誘導するものが何もないんです。なぜかという、道路管理者と交通管理者がテリトリーが違うことが大きな原因となっています。

交通管理者が言うには、「交差点にボツボツとかなんか異物を置くと、騒音・振動、車の走行に非常に害をなす。」と。ところが視覚障害者にとって一番危険な交差点に誘導するものが何もないんです。

そういう意味で、細かなところでも連続性を保つように、車椅子でも連続して目的地へ行けるように、そういう視点でこれから道路行政というのをやっていくべきだと思っています。

座長 橋本さんから発言をお願いします。

……他分野と統合した技術活用……

橋本 冒頭お話ししたように、橋梁の場合というのはユーザーとの接点がありません。ですから、お恥ずかしいんですが、社会環境の変化に対応した橋梁技術というのは特に思いつきません。今日、この場で高齢化というような社会環境の変化と舗装ということが、議題としてあがること自体に少々驚きを感じております。

これから、21世紀、舗装というユーザーに一番近いところにある分野から、社会環境が変化する中でユーザーの快適性をあげていくために必要なことは何なのかを発信していただいて、それを舗装だけでなく、他分野、たとえば橋梁と統合した技術で実現していくというような姿が理想なのかなあと考えております。

☆舗装と先端技術☆

座長 それでは次に、ITにいきましょう。これについては稲垣さん、相当言いたいことがあるでしょう。

……長期のスタンスで舗装のあるべき姿を……

稲垣 われわれが技術のグローバル化を考える時、舗装の分野でも化学関係とか、その他、多少の別の専門分野の技術を導入することというのはやってはいたんですけども、他の分野の技術からするとかなり少ない、閉鎖的な範囲で技術対応していたという気がします。

舗装ももっともっと新しい時代の取り組みということで、いろんな分野の技術を幅広く取り込んでいく必要があるんじゃないか。

そういう意味では、いまITというのが言われていますが、舗装にもそれを取り入れたものが必要じゃないか。

実際、さきほどのバリアフリーの話の中で、建設省でもヒト・ナビゲーションといった研究テーマを挙げ

て、公募もされ実際に動きだしています。

ただ、そういう時に入ってくるのがいわゆる弱電メーカーだとか、ソフト関係の会社だとか、そういうところが積極的に入って来ているんですね。黙っていると舗装もそのうちに、業態が変わってしまうんじゃないかという気がします。

ですから、われわれがもっと積極的に他分野を取り込む必要があるんじゃないかという姿勢をとる必要があるなということで、いまいろんな技術がどこまで舗装に取り込むべきか、取り込めるかということのを早急に整理しておく必要があると思っています。

そのためには、さきほど言いましたように、長期のスタンスで舗装のあるべき姿というのも一つの哲学として持っておかなければならない。それをつくって、だからこういう分野をわれわれは積極的に取り組むんですよというふうな形をぜひつくっておきたいなと、こんなふうに思っております。

座長 岩崎さん、どうぞ。

……ITSやGPSの活用……

岩崎 最初に、ITSの話を補足させていただきますと、自動運転とか車両の逸脱防止というようなことで、今度、第二東名・名神で試験的にやろうということを考えています。磁気ネールを舗装の中に埋めこむことになります。2メートルとか5メートルとかそういうピッチで車線の中にそれを埋めこんで、車が磁気を感じながら、逸脱していればハンドルを戻すとか、警告をするとかというようなことをやろうとしているわけですけども。舗装の立場として舗装の中にそういう異物を入れることがどうなのか、ちょっと気になった点ですね。舗装というのが永久ではない、必ずある時間がたてば取り替えるというか、切削してオーバーレイをするというようなことが出てくるわけで、あまり薄いところに入っていると、入っているものもいっしょに取ってしまわなきゃいけないというようなことも起こるわけです。

その磁気をあまり下に入れちゃうと鉄と反応して機能しないことがあるということで、将来的に言うと、道路の中には異物になるものが入ってくる。その中で、われわれとしてもリサイクルのことも考えていかなければならないわけで、そこらへんのことをわれわれだけじゃなくて、やっぱりいろんな方と研究というか、考えなきゃいけないなというふうに思います。

JHの舗装ではまだ使っていないんですが、既に

GPSの使用例は2つありまして、1つはGPSを使って舗装の下にある土工の品質管理というか、タイヤローラーがどこをどう走っているかっていうのを全部つかまえるわけで、そうしますと、何回転圧されているかということ自動的にコンピュータのほうに取り組んでチェックできるというようなシステムもありまして、それはもうすでに高速道路の現場で使われています。

それからもう1つは、切土の山の変位というか、大雨が降ったりして滑動したりするということに対して、事前にGPSの機械を設置し遠隔地までデータを電波で飛ばすことによって、事務所にいながら、実際現地で雨が降った時にどういうふうに変位しているかっていうことも計って、異常があればそこを見に行くとかすることもできるということで、そういったような活用が、すでに土工関係ではやっているの、舗装でもそういうGPS等をうまく活用できないかなという気はしています。

それともう1つは、品質の検査ということで、非常に厳密に仕上がったものに穴を開けて厚さを確認するのですけど。ああいったことやっているのは非常に前近代的じゃじゃないかというような気がします。それともう1つ、最近では橋梁上のところで高機能舗装を施工しますと、橋梁の床版に水が浸透しないようにということで、防水工というものをやるようにしています。そういうシートとかをやるのですけれども、そういったシートした上に、高機能舗装したところをまた穴を開けないと厚さが計れないということで、逆に言うとせっかく水が浸透しないようにとやったところを壊してしまうとか変になっちゃうもんですからね。そういったことを考えると、厚さの検査にそういう非破壊というか、実際物で見なくても計れるというようなことも、研究や開発していくべきじゃないかなという気がしています。

座長 吉田さん、いかがですか。

吉田 いや、もう全部言っていました。

☆技術者教育☆

座長 それでは、今度は技術者教育、これについてそれぞれお話しいただけますかね。吉田さん。

……HOSO（ヘビーオペレーション・スマートオペレーション）……

吉田 さきほどからITの話があって、もうIT革命も進んでいるし、ネットビジネスも盛んで、要は離れてできるということですから、いまSOHOってありま

すよね。スモール・オフィス・ホーム・オフィスでね、あれはSOHOなんですね。あれをHOSOとすると、ホソー・舗装になるんですね。

何がHO、何がSOかと言うと、私が考えるのは、ヘビー・オペレーションをやるわれわれがスマートなオペレーションを背負うということですね。

われわれは、ほんとうにヘビーなオペレーションを負わされているんですね。さきほど稲垣さんおっしゃったように、時速100キロの車の横で立ってやれというようなこと、しかも警察から「はよやれ、はよやれ」って言って、発注者からもうこんなに金は出せんとか言われながら（笑い）しかもやるべきことは路面というサービスの場をつくるという、全くハードなオペレーション。だけどそれを前近代的な、防水でしっかりつくったところをわざわざ穴開けてとか、そんな馬鹿なことをいつまでもやっていちゃ駄目なわけで。

座長 いいのかな、そんなこと言って。（笑い）

吉田 できるところはスマートに、ほんとに賢くやれるような。ただ、いまから例えば建設省の技術者が現場をすべて知っている、あるいは骨材を見に行ったらこの含水比がわかるなんていうことはありえないんですけれども。その現場の大事さだとか辛さっていうのは、ちゃんとわかっていて、しかもそれを古い思い込みだとかに縛られないような柔軟な発想でやっていくというような技術者が強く求められます。

座長 橋本さん、大学に所属している人の立場から……

……専門技術者の存在と育成・技術を

サポートするシステムを導入……

橋本 実は、私の在籍している大学では、土木工学科の学部・大学院を通じて舗装の授業というものは全くありません。ですから、多くの卒業生が、まあ、私も含めてですが、舗装技術についてほとんど知らないまま社会に出て行くわけですね。他の大学の話聞いてみても、橋梁工学っていうのはほとんどの大学で教えているようなんですが、舗装の授業をしている大学はあまりないようです。大学の授業というのは、実務にほとんど役に立たないという話もありますが、それでも、社会にでてから仕事を通して一から学ぶというのは大変なわけで、大学でも何らかの基礎知識を習得する機会を設けていくことが必要ではないかと思っています。

それから技術者の育成ということで、ちょっと話がずれるかもしれませんが、橋梁の分野での最近の試みをご紹介しますと思います。橋梁の分野でも先ほどお話ししたように、少しずつ構造物の老朽化が問題視されてきているんですが、劣化程度の判断には目視検査がいまのところ主流なんです。しかし、そういった検査技術をもった熟練技術者がだんだん減ってきてしまっていて、後継者も育っていないというのが大きな問題になってきています。このような状況で、後継者の育成を早急に行っていくことももちろん重要なんです。一方で、情報通信の力を借りてそれほどの熟練技術がなくても検査ができるようなシステムを構築しようという試みも検討され始めています。具体的に言いますと、検査時に小型のコンピュータを携帯し、PHSの回線などを通じて過去における大量のデータベースを参照し、それらを参考に劣化判定を行うような試みであります。専門技術者の存在というのは非常に重要で、その育成に力をいれていくべきなのは当然なのですが、さらに、その技術をサポートするようなシステムを導入していくことで今後さらなる技術の発展が期待できるのではないかと考えています。

座長 岩崎さん、JHは技術者の育成、全然やっていないのかな。(笑い)

……舗装に興味を持ってもらうことが重要……

岩崎 いや、やっていますよ。公団の技術者の育成ということですが、我々は道路をつくっているわけで、技術の分野として舗装以外の例えばトンネルとか橋梁、土工とかがあるわけですね。はっきり言って、舗装をやりたくて道路公団に入社した人がいるかと言われたら、多分いないんじゃないかなと思います。

大学での授業の中で舗装が少ないと言うこともあるでしょうし、JHに入って大きな橋を架けたいとか、大きなトンネルを掘ってみたいとかで入ってこられる方が多いんじゃないかなと思います。そういった中で、舗装の技術者をどう育てるかということになると、やはり“鉄は熱いうちに打て”じゃないんですけれども、入社した新入職員の人を、舗装の現場に配属させるといって、実際の仕事を経験してもらうということが一番じゃないかなと。

その中で、やはり興味を持つというのか、舗装は面白いよということがあれば、舗装の専門技術者として会社の中でもやっていけるのかなと思っています。

そういった人は次のポジションとして試験研究所が

あります。そちらで舗装を研究している部署もあるわけで、そういったところに配属して、より専門的なことを勉強するというようなことがあるかと思っています。

基本を言えば、“興味”ですね。いかにして舗装に興味を持ってもらうかが、専門技術者に育てることになるのかと思います。

ほかのところに興味があるというかそちらに行ってしまうのは、お金というか仕事の量じゃないかと思うんですね。例えば高速道路を1キロつくるのに40億とか50億のお金がかかるわけなんですけれども、その中で舗装の工事費というのは2億円ぐらいしかないわけですね。

極端なことを言いますと、道路のり面を1平方メートルするのに、例えば吹きつけをしただけだと1平方メートル1万円以上かかるんですけれども、舗装っていうのは、1平米1万円かからないような世界なんです。それと厚さも50センチとか、薄い範囲の仕事なので、だからそういう意味でいくと、舗装が面白いっていうことを最初言ったんだけど、お金もあんまり少ないし、厚さも少ないし、それと時間も短いんですね。

高速道路をつくるのに10年近くかかるんですけれども、舗装をやる工事期間っていったら、初めは1年から1年半ぐらいありますかね。ところがどんどんどんどん後ろのほうから早くなってきて、早く仕事して、早く供用してということになってきて工事期間が短くなってくる。そうすると、部分的には突貫で仕事をしてバツとやるようになってっちゃうわけで、時間をかけていいものをつくるっていうところがなかなか生み出せないっていうのがあるわけです。

先ほど、若い人を現場へ行かして舗装に興味を持たせて言ったんだけど、現実にはなかなか興味を持てるようなところになっていないというのが、ちょっと残念というか、なんとかしなきゃいけないと感じているところです。

座長 事情はよくわかりました。(笑い) 松本さん、企業内の場合は。

松本 これから技術を重視する時代に移行するに伴って、企業の技術力向上には企業内の技術者の育成がますます重要になってくると思います。設計で示された性能を満足する舗装を現場で具体的な形とするのは現場技術者ですが、今までのように材料規格や出来形に注意してれば舗装ができるという時代から、今後は、設計・施工方法など施工者自らが考えて新たな施工技術を構築していく時代に移っていくと考えます。

このような新しい時代感覚を身につけた技術者の育成が必要となるとともに、習得した技術が適正かつ客感的に評価されることが求められます。

その一つとして、舗装施工管理技術者の資格制度が導入されております。現場における施工技術のレベルアップが図れ、これにより技術者がさらに力を発揮して、舗装技術が魅力あるものとして感じられることを期待したいと思います。

☆舗装施工管理技術者資格試験☆

座長 それでは、その舗装施工管理技術者試験制度の現状を阿部さんにまとめていただきましょう。

……舗装技術者への信頼性向上と自己研鑽……

阿部 舗装施工管理技術者資格試験は平成7年に開始し、現在で6回の試験を行っております。試験制度は、舗装工事の品質向上と技術者の意識向上を目的に設立しております。建設業の許可を受けている建設業者は、工事を施工するには請負金額の大小に関係なく、工事施工の技術上のに管理をつかさどるものとして、必ず現場に「主任技術者」をおかなければなりません。また3000万円以上の工事を施工する場合には主任技術者に換えて「管理技術者」の常駐が義務づけられます。舗装工事業も指定建設業であり、管理技術者の要件として、1級施工管理技士などの国家資格者或いは建設大臣特別認定者となっています。土木施工管理技士の試験は、土木一般を範囲としており舗装に関する問題は数題しかないのが現実です。舗装工事は、他の土木工事とかなり異なる技術があります。例えば、アスファルトや混合物の材料特性は感温性など特殊な材料でありその取り扱いには特別な技術知識が必要となります。また、工事が常に移動し環境条件が異なるなど施工においても瞬時の適応などが求められます。一方、建設業の3K（危険・汚い・きつい）といわれるように舗装の現場における、技術者の士気が低いのではないかと、何らかの形で士気の高揚とともに技術力の向上を計ろうという目的がありました。なお12年度末現在で舗装施工管理技術者1、2級あわせて15,000人を越えております。また、この期間は5年間有効でして、5年ごとに更新することになっています。更新に際しては、事前に技術講習を実施することになっており、昨年の12月に東京都と大阪で行って参りました。この試験制度をきっかけに発注機関の舗装技術者への信頼性の向上と、舗装技術者の自己研鑽が盛んになること

期待しております。

☆性能規定の目指す方向☆

座長 さて、今度は、舗装界が最も注目している、「発注形態の整備」をテーマにしたいと思います。まず、吉田さんからどうぞ。

……性能規定方式による責任の増大……

吉田 さきほど、社会の変化に合わせて法体系を見直しますというところで申し上げました性能さえ確保できれば方法は問わないというのをやろうとしています。

それはいままでが、例えば戦後、復興のための道路をどんどんつくっていく時に必要だったのは技術の統一化、すなわちマニュアル化でした。こういう材料をこう固めてこんな道路をつくれればいいですよっていうのを整理して、全国一斉にそういうのをやっていったわけですが、もう社会は変わって、たしかに多機能化にみんな着目しています。路面の低騒音だとか排水性だとか、そういういろんな機能があるということに着目しているんですけれども。例えば、目の前の区画道路とJHの高速道路が同じ路面である必要は全くないというのはわかりやすい話だと思うんですね。

それで山の中は低騒音なんか関係ないけれども、町の中こそ低騒音であると。いろんな機能があるけれども、さらにその水準というのがどこの道路でも一緒というわけじゃない、まさに多様なものを考えてやっていかなくちゃいけない。したがって、いままでの通り一遍のマニュアルではもう通用しなくなった。

だから、そのマニュアルは使わなくなる。どういう路面がどのようなサービスを求められているかという求められる性能というのを明確にしておいて、それをつくってほしい。

だから、サービスが大事、路面がサービス場で、舗装はそれを具現化する手段ですと言った時に、その性能さえ満足させる材料や施工法はなんでもいいんです、それがまさに性能規定なんですね、それをいま導入しようとしている。

それを導入した暁にどういう社会を想定しているか、何を望んでいるかということ、技術力を持ったところがそれをやる。お客は「こういうものをください」というだけですから、つくり方を示さないわけですから、つくり方を知っている、ノウハウとして持っている技術力のあるところがそれをやる。業界のことで言うと、

技術力がある会社が受注して仕事をやるということな
んですよ。

いま、発注・受注ということと言うと、それはまさ
に舗装を生み出すライフサイクルのスタートの時点の
話なんですけれども。安ければいい、その時点だけ低
騒音なら、あるいは丈夫そうなものをつくればいいと
いうんじゃないで、それが20年、あるいは15年という
タームを切った時に、それは間違いなくなだらかに低
下していくのはわかっているけれども、急激に低下
するようなものであってはいけません。

それがライフサイクルの中でちゃんと機能を全うし、
ライフサイクルの墓場にきた時には次のやり替える時
にリサイクルもできるという性能を明確に規定して発
注する。

性能規定をやることは、国民、あるいは国民の代弁
者である行政としては、発注者としてはいいことづく
めなんですよ。

ただ、受注者とすれば腕に覚えがあればちゃんとや
れるし、そういうビジネスとして成り立つんでしょ
うけれども、やり方を規定しないということは、ある程
度、任せているということは、それだけの責任も取っ
てもらわなくちゃいけないんですよ。

さきほど、岩崎さんおっしゃったように、せっかく
防水したところに穴を開けて検査するような真似をし
ないとすれば、これはそういう性能なんですねという
ことを全く検査しないというわけではないんですよ
けれども、全数調査をしなければ、ある程度、信頼してや
っているというわけですから、その責任は受注者も負
ってもらわなくちゃいけない。その責任を負えるだけ
の実力がないと、パートナーになれない。仕事は取れ
ない。

だからかなりリスクな部分も受注者側にはある。
だけどそれは技術力でカバーできるわけですから、ほ
んとに技術力のあるところがやっていくべきだし、そ
ういうことを狙ってしまわろうとしています。

座長 JHも取り組みが始まっていると思いますが
…。

……長期間にわたる性能の担保……

岩崎 そうですね、私も現在、2件ほど試験工
事を行っています。両方ともいわゆる高機能舗装部分
というか表層部分に着目した性能規定ということで、
音じゃなくて、排水性という機能に着目した試験工事
を行っています。

性能規定の問題点として、いま供用直後と一応3年
後ということで、3年後の排水機能がどうかというこ
ろまで性能規定の中に入れてあります。

当然、交通量は何台ということ想定した上での規
定値ですけれども、舗装というのができた直後の評価
というものもあるのでしょうかけれども、やはり実際車
を通して、われわれとしては5年とか10年とか、でき
るだけ長くもってほしいということを考えると、性能
規定を導入した舗装の評価というもの、やはりかなり
長い時間たった状態のことも性能として担保していた
きたいということがあると思うんですね。

今後、その時までの性能を担保するということは議
論として出てくるのでしょうかけれども、これに関して
思うのは、そういったことを、工事した段階で5年後
とか10年後を予測できるような方策を模索していき
たいと思っています。

そういうことができれば、この会社がつくったこの
舗装については5年、あるいは10年後でも当初規定し
たものを守っているということがわかれば、非常にそ
ういう契約上も、仕事上もやりやすいでしょうし、5
年後じゃないと評価がでないじゃなくて、次の年や
るところでも、先の技術というか、開発したものが使
っていけるということができると思うのです。そうい
った5年後、10年後のことが施工直後に評価できる方
法や試験法が必要ではないかなという気がしています。

座長 阿部さん、地方自治体の性能発注に対する取
り組みの姿勢はどうですか。

……自治体でも性能規定は可能……

阿部(忠) 東京都のような自治体の場合なんです
けれども、一つは中小企業の育成というか、地元の業
者を育成するというのがあるんですね。ですけど、私
の経験で言うと、舗装に関しましても、ある試験舗装
という特化した場合には、その技術がある施工者に
応札してもらおうというやり方があります。

ですから、国でやる性能発注的なものが、今度は国
民というか、日本全体で行き渡って、それがやはりい
いものだ。いいものをつくるには、やはりそういう
いい企業でないと無理だということがある程度浸透す
れば、地方自治体でも性能規定的なやり方はできるだ
ろうと思います。

それを全部にやるというのはなかなか難しいんです
けれども、いいものをつくるために、こういう入札制
度をやって、その結果これだけいいものがありました。

という説明が必要ですね。

座長 中小企業育成の大義名分の中ではということ？

阿部 (忠) そういうことでしょうね。ですからそういう意味で技術力のある会社が結果を示していただくことが重要です。

座長 松本さん、企業側から見た性能規定発注についてご意見をどうぞ。

……技術競争の時代の到来を実感……

松本 吉田さん、岩崎さん、阿部さんからの話を聞いて心強く思います。企業側から見て性能規定発注は、品質や技術を重視する競争時代の到来を実感させ、将来自由競争の市場が広がると予想できます。

今後はヨーロッパのように性能と期間だけを要求される自由度の高いものへと移行していくことが期待されます。競争原理が働かない市場では戦略の成果が出にくいのですが、技術を商品とする企業として良いものが良いと評価される市場に向けて、差別化できる技術を地道に磨く努力を続けることができると考えます。

先ほど吉田さんの方から話がありましたが、性能規定発注は当然企業側に大きな責任が発生するということになります。責任が発生する分、企業としてはやりがいがあるわけで、企業としての力を発揮するチャンスが多くなります。このことがまた、技術者の育成およびやりがいあるいは魅力となっていくものと思います。

なお、阿部さんが言われましたように、実際の運用面で理想通り進捗していくかが今後の課題といえます。本制度が軌道に乗るよう官民が一体となって努力していかなければならないと思います。

座長 稲垣さん。

……一つ上のランクの性能目標を……

稲垣 性能規定っていうのは、いま松本さんがおっしゃったように、企業側からしてみれば、技術をベースにものを考えるっていうことはいろいろな面で非常に期待できる部分なんです。

技術屋が技術を駆使できるということは、それ以上の喜びはないっていう感じになります。現実には一つのマニュアルで図面どおりものをつくれればいいっていうのがいままでのパターンですから、技術的な工夫があまり求められていなかった。その中で興味は最終的に幾ら儲けるかぐらいの話ししか企業側も技術者か

らもからも出てこない。ぜひ、知恵を出せる性能規定型というのを伸ばしていただきたい。ただ、岩崎さんがさきほどおっしゃったように、やはりその技術に対してどこまで担保できるのかという自信、これははっきり言って、いまのところあんまりないんですよね。

こういう性能規定が出された時に、最高の技術を駆使して、そこに最良のものを収めるんだという姿勢で対応すべきだと思いますし、私が性能規定型の工事を担当した時には、そういう形で対応してきたつもりです。

ただその中で、それこそ何年後っていう話になった時に、企業の存続という形もありますよね。JHさんも、最初の話では、担保期間が終わるまで一部の支払いを保留するという話があったんですよ。(笑い)でも最終的には工事終わった段階で支払ったようですね。

そういう担保の仕方も確かにあると思うんですが、ただそれを全部やられますと、企業運営として、困っちゃいますので、やはり技術的にそのへん担保できる方法論をセットで考えていかなければいけないと思います。

それも、性能規定の中に組み込んでいいんじゃないでしょうか。だから、こういう方法でやればこれだけの長期的なシミュレーションができる、その結果こうだからこの技術を提供しますよと。そこまで出しなさいよというぐらいのことが必要かな。

いまの性能規定で試行的に出されている内容を見ますと、平均的な技術で、まあ大体ここぐらいまではある一定の技術を持っている会社なら、数で言うと10社ぐらいは対応できるでしょうといった、統計的な見方で性能が設定されているように思うんですよ。

当面、スタート時点はやむをえないと思うんですが、私はこれにプラスして、今後5年後以内にここまでの性能のものができたら申し出なさいというぐらいの、一つ上のランクの性能を目標として示してもらいたい。

もしそれができたらちゃんと発注しますよということが明確になっていけば、これは必死になって技術を磨きますし、そういう仕事を取り込めるとなると、これは企業も金を出すわけですよ。そういう誘導もしていただきたいなというふうに思っております。

座長 それで対応できるのですか？

稲垣 ええ。そういう話になって、もう5年後ぐらい先までの目標を、それこそさっきの道路交通振動の話もそうですが、例えばこれだけの交通量、これだけ

の車が走った時に、沿道何メートルのところでの振動が何デシベル以下というのを明示して、出来たら申し出ると、その時点で発注する。いま言うように、何年後までの担保の技術も含めてですけどね。そういうのがあると非常にやり甲斐出ますね。(笑い)

座長 ハードルは高いのがいいのかな。

稲垣 ハードルは高いほうがいいですよ。

座長 橋本さん性能発注についてどう思われますか？

……性能規定発注実現の二つのポイント……

橋本 舗装の方では、土木分野でいち早く性能発注をスタートしたということで、すごいなあという思いとともに、実情はどうなっているのかなという思いもちょっとあります。騒音とか振動の話が今でていましたが、何デシベル以下っていう要求性能を決定する段階がまず一つ難しいのではないのでしょうか？まったくゼロにするというのは不可能に近いでしょうし、そうしたときに、許容値を決定するにはいろんな判断が介在してくるんじゃないかと思います。

私が専門としております橋梁の耐震設計の分野で言いますと、示方書は概念的には性能発注という形をしていて、たとえば、重要度の高い橋は巨大地震が起こっても致命的な損傷を受けないようにするという要求性能が掲げられています。でも、実際の設計の手順としたら、従来からの震度法とよばれる仕様設計的なものをベースにして行っているわけです。今の示方書で明確な数値目標を唯一規定しているのが、橋脚の残留変形に対するもので、地震後の残留傾斜が橋脚高の1/100以下におさめないといけないというものなんです。この1/100という数字自体にはほとんど根拠がないんですね。1/100以下におさまっていれば地震後に車の通行が可能だとか、逆に、1/100以上だと通行ができないというようなことはほとんどわかっていません。それと、橋脚の残留変形を正確に予測する技術なんて本当のところまだありません。ですから、照査を行う場合の残留変形は、動的な解析から直接求めるというのではなく、設計で想定している最大変形量から推定式を使って求めるという方法を取っています。この残留変形という問題に関して言えば、構造物が出来上がった段階で、本当に要求性能が満足されているかをチェックする方法というのは無くて、地震がきてみて初めてわかるという性質のものなので、なかなか難しいですね。

性能発注を実現するためには、いかに適切な要求性能を求めるかということと、その要求性能を実現するための技術開発という、二つのポイントがあるわけで、この双方に取り組んでいく必要があると感じています。

☆21世紀へつなぐ夢☆

座長 最後に、皆さんからひと言ずつ、「21世紀に対する希望」というような視点でお願いします。

……一言で言えば「人」……

阿部(忠) 舗装技術、21世紀を迎えたんですけれども、やはりひと言でいえば「人」ですね。人の技術を磨きながら、その磨くということは、何を舗装が求められて何を具現化すれば技術屋として、あるいは舗装としてある目的を達成することができるかというあたりをそれぞれが明確にしながら、取り組んでいく必要があると思っています。

……産・官・学の協働……

稲垣 さきほども少しお話しした中に含まれてはいるんですけれども、基本的には夢が実現できるシステムを、今つくっておくべきだと思います。どんな夢かというのは、さきほども言いましたように、エンドユーザーが云々とかいろいろあるんですが、いずれにしてもこれだけのことをいまの段階でできないだろうが、ここまでの性能が欲しいんだよ、といった方向性みたいなものをつくって、例えば5年計画の中に求めるものというものを具体的にどこかで示すという形が望ましいと思います。

ただ一方で、舗装事業は縮小化の傾向にあるわけですし、当然、建設の時代から維持・保全といった時代になってきて、舗装事業費自体、だんだんと細ってきます。そういう中で、今度は舗装事業という観点でなくて、路面にいろんな役に立つ機能をつけるんだというものの見方をすれば、また違った事業配分というか、新しい形の社会基盤のあり方の話も出てくるんじゃないでしょうか。

要するに、路面に対する期待度というものをやはりわれわれがつくっていかないといけないんじゃないか。そういうシステムづくりを、それこそ従来ですと産・官・学っていうとすぐ癒着っていう話になるんですけれども、これは癒着じゃなくて、これからの時代は協働でやっていく時代じゃないのかと思います。

そのへんを明確に、建設省も地方自治体も道路公団

も打ち出してほしい。いままでそれを言うと思うんですが後ろめたいような話になっちゃうんですけどね。正々堂々とやることですから、正々堂々とっていいと思うんですよ。

ぜひそのへんを、われわれも含めてですが、お願いしたいなと、こんなふうに思いますね。

……工事渋滞を減らす技術開発を……

岩崎 21世紀の話の前に、ちょっと20世紀の話をさせていたきたいと思います。舗装の工事で、特に供用中の道路での話が出ていましたけれども、新設の工事よりも、既に現在でもそうですが、舗装の補修費用のほうがJHでも多くなっています。

その補修工事は、さきほど稲垣さんがおっしゃったように、100キロってほんとうは駄目なんですけれども、50キロ規制しているところの横で仕事するっていうことで、私も先日東名の集中工事の現場を実際に見てきましたけれども、非常に危険と隣り合わせて工事やっているわけですね。

やっているんだけれども、ドライバーからすると、道路が渋滞するということで、どうしてもマイナスのイメージで見えてしまうわけなんです。

そういった状況の中で考えていきたいのは、安全に仕事ができないかということで、さきほど人を減らすっていう話もあったんですけど、安全な形で仕事をするということと、もう一つは短時間に舗装を仕上げるというか、そういったようなことも、やはりこれから開発していかないといけないのかなと。やはり短い時間でやるほうがそういう規制時間も少ないわけですから、これは高速道路だけでなく、一般道もそうだと思うんですけど、舗装の補修というようなことがどうしても出てくるわけで、短時間で補修する技術の開発が必要だと思います。

それと、これは外国ではすでに導入されているみたいですけども、ある舗装の打ち替えとかそういったものを予定した期間よりも早く工事を仕上げると、ボーナスが出るとか、あるいは延びてしまったらペナルティを払うとか、そういったことで実際、施工される企業に、そういう時間を短縮するということの、それは渋滞が減るということですから、社会的にも大きなプラスになるわけで、そういったことに対する企業努力を促す仕組みというのが必要ではと思います。日本でもやはりそういった工事による渋滞を減らすような仕事のやり方を開発していかないと、ほかの工事は、

例えば人の見えないところでやる部分っていうのは結構多いんですけども、舗装についてはどうしてもそういうことができないわけですから、そういった意味ではいま申し上げたようなことが、21世紀に向かって開発していかなくちゃという気がしております。

……民間の技術開発を期待……

松本 施工者側として道路舗装を構築していくには、やはり「人」は欠かせません。先ほど申しましたように、これからの若手技術者に舗装に対する魅力ややりがいを持たせられるような環境づくりが必要と考えます。そのためには技術を重視するVE方式や性能規定方式などが定着して、新技術が着実に受け入れられ、それにより民間の技術開発が促進されることを大いに期待したいと考えています。

……マネジメントの時代……

吉田 21世紀ということですが、舗装というか、道路が、橋梁も含めてですよ。“維持管理の時代”と言われてます。

別に片仮名で言いたいわけじゃないんですけど、これはマネジメントの時代であるということ、メンテナンスでなくて。

維持・管理という言葉、いったい何を維持して何を管理していくかということなんですけれども、維持すべきは顧客、すなわち道路利用者であり国民の満足度を維持しなくちゃいけない。

何を管理するかというと、サービスの場である路面・道路・橋梁・舗装のサービスの質を管理しなくちゃいけない。

だからこれは社会情勢の変化によって、われわれの組織が変わったように、発注形態を変えたように、例えば沿道の方々のニーズが高まれば、もっと静かにしてくれということになれば、それはその目の前の道路なり舗装なりを新しいものにしなくてはいけないんですね。それは工事をしたいという意味じゃなくて、そういう機能を持った性能を有する道路に更新しなくちゃいけない。いままでもそこに道路があった、舗装があったけれども、今度つくる道路、やり替える道路というのはもっとサービスの高まる、例えば低騒音のようなものをつくる。これはただの維持じゃなくて、機能向上を図った更新なんですよ。

それはメンテナンスよりもマネジメントのことであって、だから考えるべきは、ただストックをなんとか

管理していただけじゃなくて、ニーズに合わせたものに高めることも含めてやっていくべきです。

だから、舗装というのはもっと前向きな、ある種向上することも含めてやっていく、まさにハードオブレーションだというふうに考えております。

座長 情報公開とか研究体制などもっとお話しいただきたいテーマもあったのですが、予定時間を大幅に超過しておりますので、この辺で終わりたいと思います。有り難うございました。

アスファルトの利用技術

B 5 版・290ページ・実費頒価 ¥4,000 円（送料実費）

我が国におけるアスファルトの利用は、縄文前期の終わり頃より土器や石棺などの接着剤として使われ始めました。その後、江戸末期には油煙の原料として、明治に入ると防水や防湿および道路用として利用される等、アスファルトの黎明期を迎えています。

現在では、これまでの用途以外にも水利構造物や鉄道、燃料といった多くの分野に利用されるようになっております。

今回、創立40周年を記念し、アスファルトの種類、規格、製造方法、代表的な利用技術に関してわかりやすく執筆した本邦初の解説書を取りまとめました。

百科事典として、また関係者必読の書としてご購入をお勧めいたします。

目 次

第1編 アスファルト

- 第1章 天然アスファルトと石油アスファルト
- 第2章 アスファルト乳剤
- 第3章 改質アスファルト

第2編 アスファルトの道路舗装への利用

- 第1章 アスファルトと舗装
- 第2章 道路の種類と舗装構造
- 第3章 アスファルト混合物の種類と工法
- 第4章 アスファルト混合物の製造と施工
- 第5章 舗装の破損と補修

第3編 アスファルトの各種舗装への利用

- 第1章 空港
- 第2章 港湾
- 第3章 鉄道
- 第4章 鉄道貨物ヤード
- 第5章 構内・駐車場
- 第6章 歩道・自転車道
- 第7章 スポーツ施設
- 第8章 レース場・テストコース
- 第9章 石油タンク基礎
- 第10章 水利構造物
- 第11章 廃棄物最終処分場

第4編 防水・その他への利用

第1章 防水・防湿

- 1. 土木防水
- 2. 屋上防水（陸屋根防水）
- 3. 屋根防水（勾配屋根防水）
- 4. ターボリン紙（防湿紙）

第2章 建築

- 1. 木造住宅用床防音材
- 2. 床材
- 3. 鋼管塗布

第3章 原料

- 1. 酢酸原料用アスファルト
- 2. 石油コークス原料
- 3. 製鉄用コークスパインダー

第4章 燃料

第5章 その他

- 1. 電気絶縁用
- 2. レンズ研磨
- 3. のり面緑化用アスファルト乳剤
- 4. ノウサギ忌避剤
- 5. トンネル断熱材
- 6. 放射性廃棄物の固化材
- 7. その他への利用

語り継ぐ 舗装技術

国土交通省土木研究所
道路部長 中村俊行

べき役割と技術の体系化の見直しなどが強調されている。

第2章、第3章は若干専門的ではあるが、第1章を裏付ける意味での技術基準の推移と、橋面舗装に関する基本的な技術と舗装に配慮した橋梁構造についての要点がそれぞれ述べられている。

毎日利用し身近な存在である舗装と、その改善のための技術者の努力を理解していただくために、一般の方々に是非読んで頂きたい一冊である。さらに、舗装技術者にとっては技術力の向上はもちろん、今後の展望について示唆を与えてくれる書であると確信する。

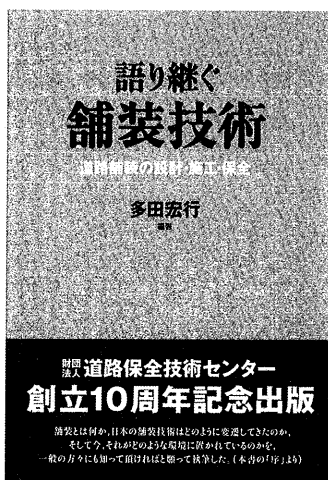
第1章 語り継ぐ舗装技術

- ## 第2章 舗装技術の変遷

- ### 第3章 橋面鋪裝

- ## 第4章 舗装技術の現状と将来

- 4.1 多様な舗装技術
- 4.2 舗装の機能と性能
- 4.3 舗装技術を育てる環境の整備



主としてバインダの性状が遮水用アスファルト混合物に与える影響について

(Regarding the effect the quality of the binder primarily has on the hydraulic hot mixture)

清水 浩 昭*・関 伸 明**

本研究は、バインダの性状が遮水用アスファルト混合物に与える影響を検証するために、ストレートアスファルト（以下ストアス）60/80、80/100および試作した水理用改質アスファルトを用いて、バインダおよび混合物の各種性状を評価したものである。また、ストアスを用いた混合物の斜面安定性や耐久性を改善する繊維質補強材あるいははく離防止材の効果などについても検討を加えた。これらの結果、①改質アスファルトは、ストアスのもつ粘性、低温脆性およびはく離抵抗性を改善できる。②ストアスを用いた混合物は、植物性繊維、消石灰、あるいは、それら両者の添加により、斜面安定性や耐久性の改善が図れる。③改質アスファルトを用いた混合物は、斜面安定性、はく離抵抗性、低温時ひびわれ抵抗性、疲労抵抗性等を改善できるなどが判った。

まえがき

アスファルトが水理構造物に利用された歴史は古く、既に5000年の昔から水密性に優れた材料として、井戸、池、風呂などのほか雨や流水に浸されやすいところに多く利用されていた¹⁾。しかし、本格的に水理構造物にアスファルトが適用されるようになったのは、欧米においては1930年代からであり、我が国においては、1957年、長浦干拓堤防がはじまりである²⁾。その後、大型ダムのアスファルト遮水壁に数多くの施工例が見られるようになった³⁾。これら遮水用アスファルト混合物に要求される性質は、①不透水性、②変形に対する順応性（たわみ性）、③安定性、④温度変化に対する順応性、⑤耐久性などが挙げられる²⁾。さらに、アスファルト遮水壁は、道路と比較すると点検補修が困難なため、長期の耐久性が要求される。これらに対し、バインダの質という観点から、ベネズエラ産のアスファルトを特定して使用した例⁴⁾も見られるが、最近では、これら一定産地の原油から良質のアスファルトを入手することは、困難になってきている。また、道路舗装では、耐流動性や疲労抵抗性等を改善する改質アスファルト^{5), 6)}が開発されているものの、水理構造物における遮水用アスファルト混合物には、改質アスファルトを適用した事例はまだ見受けられないようである。

本論文では、遮水用アスファルト混合物に使用するバインダの質に着目し、国内で一般に製造されているストレートアスファルト（以下ストアス）および水理用に試作した改質アスファルトを用いてアスファルトおよびアスファルト混合物の性状について検証したものである。なお、遮水用アスファルト混合物については、スロープフローの抑制（斜面安定性）およびはく離抵抗性の向上のために繊維質補強材およびはく離防止材を添加した際の性状についても検討を加えた。

1. 研究概要

本研究は、図-1に示すようにストアス60/80、80/100および試作した改質アスファルトをそれぞれ3種類準備し、バインダの性状試験を実施し、各々1種類に選定した。配合試験は、これらのバインダに数種類の繊維質補強材やはく離防止材を添加した17種類の配合試験を実施し、はく離抵抗性、斜面安定性、水密性に関する検討を行い、力学性状試験に適用する混合物を選定した。力学性状試験は、選定した配合のひびわれ抵抗性、低温時の応力緩和性状、疲労抵抗性を検討するものであり、これら一連の試験からバインダおよび混合物としての評価を行い、改質アスファルトの適用性を検討した。

*しみず ひろあき 世紀東急工業㈱技術本部技術研究所

**せき のぶあき 世紀東急工業㈱技術本部技術研究所

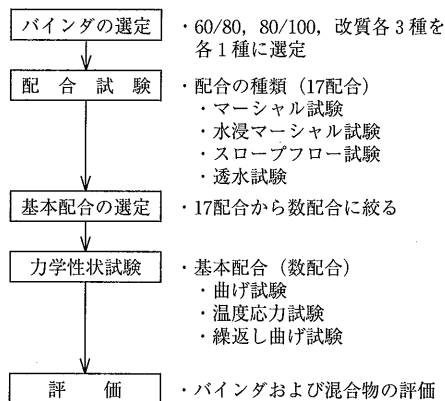


図-1 本研究におけるフロー

2. バインダの検討と選定

2-1 検討項目

バインダは、通常我が国で遮水用アスファルト混合物に多く使用されているストアス60/80の他に、ストアス80/100および今回試作した改質アスファルトをそれぞれ3種類用いた。なお、本試験で試作した改質アスファルトの概要は以下の通りであり、いずれのバインダにもはく離防止効果に優れた添加剤を使用している。

試作1：針入度を大きくし、はく離抵抗性を改善させたもの

試作2：試作1に斜面での安定性を改善させたもの

試作3：試作2をさらに軟らかくするとともに、施工性を改善させたもの

これらのバインダについて、表-1に示す試験を行い、良好なものを各グレードで1種類づつ選定し、配合試験に使用することとした。なお、本研究では、一般的な試験項目のほかに長時間薄膜加熱試験、森吉脆化点試験およびダレ試験を実施した。それらの試験の概要は、以下に示すとおりである。

表-1 バインダの試験項目および数量

試験項目	試験方法	数量
針入度	JIS K 2207	9 試料
軟化点	JIS K 2207	9 試料
薄膜加熱試験 (質量変化率)	JIS K 2207	9 試料
長時間 薄膜加熱試験	JIS K 2207 準拠	9 試料
骨材のはく離 抵抗性試験	舗装試験法便覧 3-4-16	9 試料
ダレ試験		9 試料
森吉脆化点試験		9 試料

1) 長時間薄膜加熱試験

薄膜加熱試験は、バインダの加熱時の劣化の程度を評価する試験である⁷⁾。しかし、アスファルト遮水壁のライフサイクルは比較的長く、この間のバインダの老化を防止するために一般に表面保護層がもうけられるが、適切なメンテナンスを行わない場合、保護層が摩耗し、遮水層が老化を受けることとなる。本研究では、このような長期における老化をシミュレーションするために24, 48, 72時間での長時間薄膜加熱試験を行い、極度にバインダが劣化した状態における各バインダ間の性状の違いを比較した。試験後の試料は、薄膜加熱質量変化率を測定するとともに、森吉脆化点試験を行い、特に、72時間後については、針入度試験を実施した。

2) 森吉脆化点試験

アスファルト斜水壁の建設は、積雪寒冷地域においても実施されている。このため、本研究では、低温時におけるバインダの性能を把握するために森吉脆化点試験を実施することとした。本試験は、バインダの低温性状を簡単かつ正確に測定できる試験とされている⁸⁾。試験方法の概略は、以下に示すとおりである。

①バインダ50g (厚さ約3mm) を直径14cm, 深さ1cmのステンレス製の2つの容器にそれぞれ採取する。

②約130℃で加熱した後、へらで攪拌し45℃まで冷却させる。

③このうち1試料を1分間低温 (メタノール) 槽に浸漬させ、熱応力によってバインダの表面に亀裂の発生があるか観察する。

④亀裂が発生していない場合は、メタノール槽の温度を1℃低下させ、試料を再び45℃で10分間養生した後、再び浸漬させる。

⑤このような操作をバインダ表面に亀裂が発生するまで繰り返す。

⑥同様な操作をもう一方の試料についても実施する。

⑦両者の亀裂発生時の温度差が3℃以上の場合は、サンプルの作製からやり直す。

⑧森吉脆化点温度は、両者の結果のうち、高い方の温度と定義する。

脆化点において生じたバインダの亀裂の形状は、大別すると図-2に示すような6つのタイプがある。これらの亀裂の形状とバインダの性質を分類したものを表-2に示す。

このように本試験では、脆化点による評価等の他に

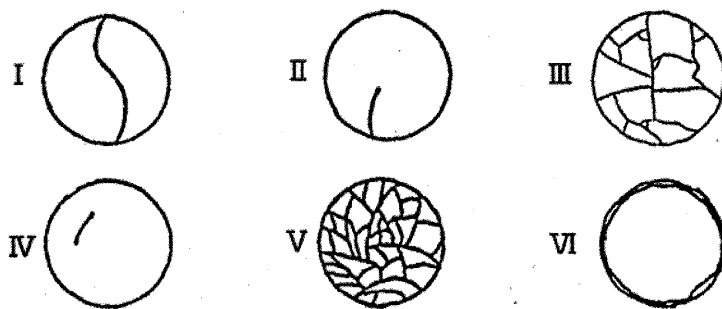


図-2 森吉脆化点試験によるバインダの亀裂の分類

表-2 バインダの亀裂の形状と性質の関係

タイプ名	亀裂の形状	バインダの性質
I	容器の端から端へ発生した1本の亀裂	性状の異なるバインダが混合されず均質なバインダ
II	容器の端から途中で切れた1本の亀裂	性質および組成の違いがあるためバインダの質が不均一なバインダ
III	容器全体に様々な亀裂が発生したケース	タイプ1で生じた亀裂がさらされた温度が低温であったために多数の亀裂が連鎖的に入った状態。
IV	容器内部に亀裂が発生したケース	性質および組成の違いがあるためバインダの質が不均一なバインダ
V	細かいネット状に亀裂が発生したケース	触媒バインダ等に多い
VI	容器の縁に沿って同心円上に亀裂が発生したケース	Ⅲ (ステンレス) の端部での付着性に問題があるバインダ

バインダの質などの評価も可能とされている。なお、加熱により不均質なバインダから均質なバインダへ変化することもあるようである。

3) ダレ試験

バインダ単体における斜面安定性を検討するために実施する試験である。ダレ試験は、鉄板上に幅2cm×長さ2cm×厚さ0.5cmの形状のバインダ単体を0℃で5時間以上養生し、60°の傾斜をもたせて60℃の乾燥炉内に2時間放置し、その時のダレの長さを測定するものである。

2.2 試験結果

これらの試験結果は、表-3に示すとおりである。この結果、以下のことがいえる。

- ① ストアスの針入度および軟化点は、C社の製品が各グレードともやや堅い傾向を示している。改質アスファルトは、全般に針入度が大きい。試作1は、軟化点が低いことから、夏季の高温時の斜面安定性に難点があると考えられる。
- ② ストアスのダレ抵抗性は、各グレード内の製品間の差は小さいが、60/80と80/100では、60/80の方がやや斜面安定性に優れている。改質アスファルトのダレ抵抗性では、試作1は、軟化点が低いこ

ともありストアス80/100よりかなり抵抗性のない性状を示した。試作2および3は、ストアス60/80よりかなりダレ抵抗性に優れている結果が得られた。

- ③ はく離抵抗性は、60/80と80/100を比較すると80/100の方が若干優れているが、いずれの場合も数値が大きく、はく離防止材を添加する必要がある。改質アスファルトは、ストアスと比較するとかなり改善され、この程度の数値であれば、特に問題とはならないと思われる。
- ④ 薄膜加熱試験は、最大72時間まで実施しているが、いずれのバインダも5時間後における質量変化率の規格値を満足した。72時間後におけるストアスの針入度は、11~16程度とかなり劣化の進んだ状態といえる。
- ⑤ 森吉脆化点は、改質アスファルト<ストアス80/100<ストアス60/80の順で低い値を示し、改質アスファルトが低温脆性に対して最も優れた性状を示した。これは、バインダが軟らかいためと考えられる。ストアスの製品間による差はほとんど生じていないが、亀裂の状態を含めて判断するとA社の製品がやや良いようである。なお、薄膜

加熱時間が72時間でのストアス60/80と80/100の森吉脆化点はほぼ同程度であるが、これは、薄膜加熱後の針入度を見ても同程度に劣化が見られることから、72時間の薄膜加熱試験は、ストアスのグレード間の差異がほとんど見られなくなる劣化状態にあるといえる。

以上の結果より、以降のアスファルト混合物の配合試験に使用するバインダは、ストアスは、熱劣化に対して若干良い性状を示したA社のものを選定した。また、改質アスファルトは、3つの試作品のうち特に低温脆性に優れている試作品3を選定した。

表-3 バインダの性状試験結果一覧

		ストアス60/80			ストアス80/100			改質アスファルト		
		A社	B社	C社	A社	B社	C社	試作1	試作2	試作3
針入度	(1/10mm)	70	71	63	91	89	84	183	157	191
軟化点	(℃)	47.1	47.4	49.0	45.0	44.8	45.7	39.0	73.5	71.2
ダレ試験	(cm)	13.3	13.5	11.5	14.3	15.7	15.5	25.8	0.2	0.3
はく離試験	(%)	26	23	24	22	27	21	5	4	8
薄膜加熱 質量変化 率 (%)	5時間	+0.09	+0.06	+0.09	+0.08	+0.05	+0.09	+0.06	+0.04	+0.03
	24時間	+0.32	+0.24	+0.31	+0.28	+0.19	+0.28	+0.14	+0.07	+0.05
	48時間	+0.44	+0.30	+0.42	+0.39	+0.24	+0.39	+0.20	+0.09	+0.04
	72時間	+0.50	+0.30	+0.45	+0.42	+0.20	+0.40	+0.21	+0.07	+0.01
薄膜加熱 針入度残 留率(%)*	72時間	18.6	15.5	21.7	17.6	13.5	15.5	13.7	17.2	15.7
		(13/70)	(11/71)	(13/60)	(16/91)	(12/89)	(13/84)	(25/183)	(27/159)	(30/191)
森吉 脆化点 (℃)**	0時間	-20	-22	-20	-25	-25	-22	-34以下	-34以下	-34以下
	5時間	-20	-19	-20	-24	-24	-22	-30	-34以下	-34以下
	24時間	-17	-17	-14	-21	-19	-18	-23	-34以下	-34以下
	48時間	-7	-3	-7	-11	-8	-10	-22	-34以下	-34以下
	72時間	+12	+11	+12	+15	+14	+13	-15	-18	-23
森吉 脆化点 試験時 の亀裂 の形状	0時間	I	I, III	I, VI	III	I, III	III, VI	-	-	-
	5時間	III	I, III	II, III	I, VI	I, III	I, III	III	-	-
	24時間	I, III	I	III, VI	I, III	III, VI	III	III, VI	-	-
	48時間	II	II	II	II	I, II	II, III	III, V	-	-
	72時間	II	II	II	II	II	II	II, III	II	II

*: 薄膜加熱針入度残留率 (%) の下段 (/) 内は、針入度の絶対値 (薄膜加熱後/薄膜加熱前) を示す。
**: -34℃以下は、測定装置の下限温度が-34℃のため、それ以下の温度では測定ができなかった。

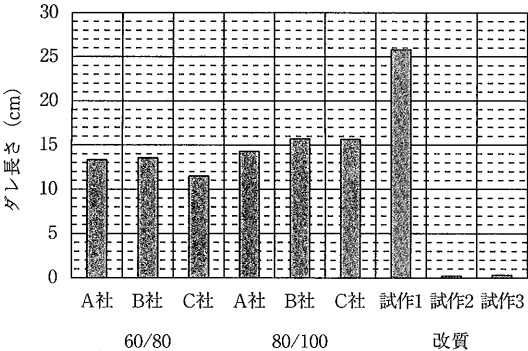


図-3 バインダの種類とダレ長さの関係

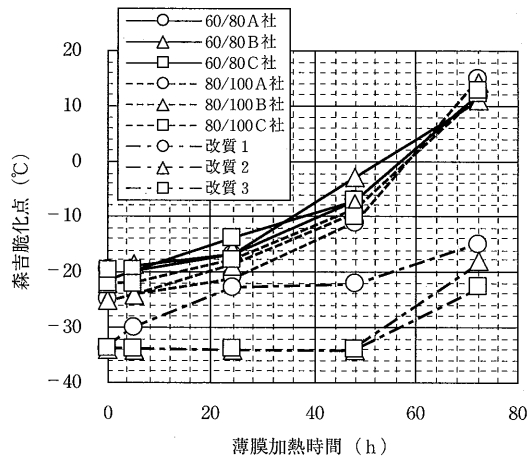


図-4 薄膜加熱時間と森吉脆化点の関係

3. 遮水用アスファルト混合物の一般的な性状

3-1 使用材料の選定とそれらの性状

3-1-1 骨 材

遮水用アスファルト混合物に使用する骨材は、バインダとの付着性に優れ、吸水率の小さい骨材が望ましい。しかし、ある補修工事への適用を考慮する必要もあったことから、粗・細骨材の選定は制約を受けたものとなっている。配合試験に使用した骨材の性状を表-4に示す。

表-4 骨材の性状試験結果

項 目	材 料	6号	7号	粗目砂	細目砂	石粉
	砕石	砕石				
通過質量百分率 (%)	19.0mm	100				
	13.2	99.8	100			
	4.75	2.0	93.4	100	100	
	2.36	0.8	5.2	85.4	99.9	
	0.6		1.2	49.8	97.1	100
	0.3			22.8	52.5	99.9
	0.15			8.6	8.8	97.1
	0.075			3.0	1.6	85.3
表 乾 比 重		2.698	2.671	2.607	2.545	
か さ 比 重		2.662	2.630	2.553	2.480	2.708
見 掛 比 重		2.760	2.744	2.699	2.652	
吸 水 率%		1.34	1.58	2.11	2.62	
すりへり減量%		20.7				
安 定 性%		6.0	5.2	2.6	3.0	
粘 土 塊%		0.23				
軟 石 量%		0.35				
細長扁平含有率%		1.44				

3-1-2 繊維質補強材

アスファルト混合物の性質のうち、主として斜面上におけるフローを抑制したり、耐久性を増すためにアス

ベストを添加することがある。しかしながら、アスベストは発ガン性物質であることから、アスベストの代替品として植物性繊維（補強材A）および鉱物性繊維（補強材B）を選定し、これにアスベストを加えた3種類で比較検討を行うこととした。

3-1-3 はく離防止材

アスファルト混合物におけるバインダと骨材のはく離は、一度発生すると修復が困難である。特に、アスファルト遮水壁では、常時水浸していることから、十分にはく離対策を施す必要がある。ここでは、一般的に用いられている消石灰およびカチオン系界面活性剤（防止剤A）の2種類について比較検討を行うこととした。

3-2 骨材合成粒度と添加材量の検討

既設アスファルト遮水壁用混合物の粒度分布の実態から、粒度範囲を設定すると図-5となる。本検討に用いる骨材の粒度は、この粒度範囲の中央値に設定した。

この粒度を用いて、繊維質補強材の添加量を検討した。添加量は、混合物に対して外割で0.3、0.5、0.8%としてマーシャル安定度試験を実施し、バインダ量と添加量および空隙率の関係、添加量とフロー値の関係などから選定した。その結果、添加量は植物性繊維で0.3%、鉱物性繊維で0.8%とした。

3-3 配合の種類と試験項目

バインダの種類、添加材料の有無により表-5に示す17種類の配合について検討した。配合試験は、マーシャル安定度試験、水浸マーシャル試験、スロープフロー試験および透水試験を実施し、その結果から性状のよい混合物を数種類選定することとした。マーシャル試験では、バインダ量を0.5%きざみで5点以上につい

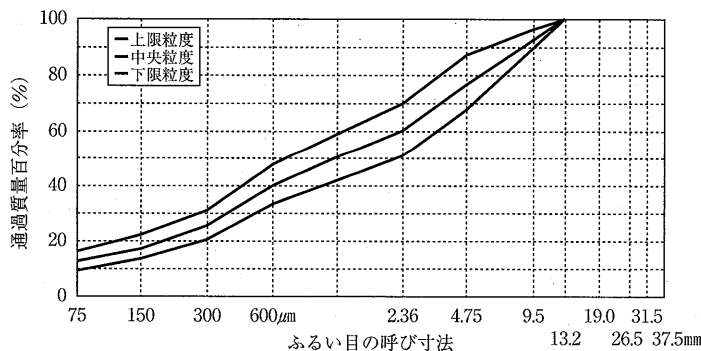


図-5 骨材の合成粒度

表-5 アスファルト混合物の配合の種類

配合種類	配合内容	主な目的
① 配合A	60/80	基本的な配合
② 配合B	60/80+防止剤A	はく離抵抗性の改善
③ 配合C	60/80+補強材B	耐久性の改善
④ 配合D	60/80+補強材B+防止剤A	耐久性とはく離抵抗性の改善
⑤ 配合K	60/80+補強材A	耐久性の改善
⑥ 配合L	60/80+補強材A+防止剤A	耐久性, はく離抵抗性の改善
⑦ 配合M	60/80+アスベスト	耐久性の改善
⑧ 配合Q	60/80+消石灰	はく離抵抗性の改善
⑨ 配合R	60/80+消石灰+補強材A	はく離抵抗性, 耐久性の改善
⑩ 配合E	80/100	ストアス60/80より, 低温時のひびわれ抵抗性, 施工性を期待
⑪ 配合F	80/100+防止剤A	はく離抵抗性の改善
⑫ 配合G	80/100+補強材B	耐久性の改善
⑬ 配合H	80/100+補強材B+防止剤A	耐久性, はく離抵抗性の改善
⑭ 配合N	80/100+補強材A	耐久性の改善
⑮ 配合I	改質アス(試作3)	ストアス60/80より, 耐久性, はく離抵抗性を改善
⑯ 配合J	改質アス+補強材B	耐久性の改善
⑰ 配合P	改質アス+補強材A	耐久性の改善

て行い, 各混合物において最適バインダ量を選定した。水浸マーシャル試験, スロープフロー試験および透水試験については, この最適バインダ量を中心に, その前後2点(0.5%きざみ)の計5点について実施した。各試験の試験条件を表-6~8にそれぞれ示す。なお, マーシャル試験の突固め回数は, 通常遮水用アスファルト混合物に用いられる25回(両面)とし, スロープフロー試験は, 図-6に示す装置を用いて行った。

表-6 水浸マーシャル試験の試験条件

項 目	条 件
水中養生温度(℃)	60
水 浸 日 数(日)	0(30分), 2, 30, 60

表-7 スロープフロー試験の試験条件

項 目	条 件
供試体寸法 (幅×長さ×厚さ)	10×20×5 cm
試験温度	60℃
傾斜角度	1:1.8
測定時間	0.5, 1, 2, 4, 8, 10 12, 14, 24, 48時間
測定装置	ダイヤルゲージ(パネ外し)

表-8 透水試験の試験条件

項 目	条 件
供試体寸法	d = 101.6mm, h = 63.5±1.3mm
加圧条件	3kgf/cm ²
測定時間	48時間

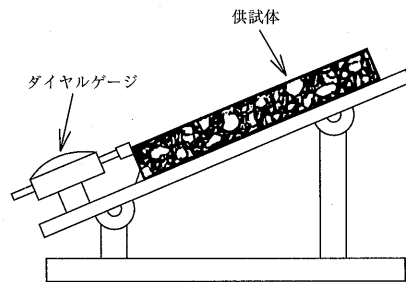


図-6 スロープフロー試験装置

3.4 試験結果と室内最適バインダ量

最適バインダ量は, 表-9に示す目標値を満たす共通範囲の中央値とした。ここで, マーシャル安定度試験の目標値は, 十分な水密性を確保するために空隙率を2.5%以下とした。水浸マーシャル試験の目標値は, 長期間の水浸試験では明確な基準がないため, とくに目標値を定めず, 相対比較することにより, 検討を行うこととした。スロープフロー試験の目標値は, 混合物の粘度(Pa·s, 60℃, 48時間)が, 10⁹オーダー以上で, 舗設時の材料分離や締固めの不均一がなければ特に問題は発生していない^{9, 10)}ことから, この値を採用することとした。なお, 粘度の算出は以下の式を用いた。

$$\eta = \frac{\rho \times g \times \sin d \times h^2 \times t}{2 \times s}$$

ここで, η : 粘度 (Pa·s) ρ : 密度 (g/cm³)

表-9 試験の目標値

試験項目	目標値
マーシャル安定度試験	空隙率2.5%以下
水浸マーシャル試験	—
スロープフロー試験	粘性係数 10^9 以上
透水試験	透水係数 10^{-7} 以下

d : 斜面角度 (°) t : 測定時間 (sec)

g : 重力加速度 (cm/sec) h : 供試体厚 (cm)

s : フロー長 (cm)

さらに、透水試験の目標値は、水密性を保つために必要とされる 10^{-7} 以下とした。

配合試験結果より得られた最適バインダ量における各種性状試験の結果を一覧表にとりまとめると表-10に示すとおりである。この結果、斜面安定性およびはく離抵抗性に比較的優れている配合K, R, N, Iの4配合および比較用として配合A, Mで力学性状試験を実施することとした。

3-5 各性状値とバインダおよび配合の関係

図-7は、水浸マーシャル試験を実施したもののうち、力学性状試験を実施する一部の配合の水浸日数と残留安定度の関係を示したものである。この結果、水浸日数の増加に伴い残留安定度は低下する一般的な傾向

を示している。水浸60日後の残留安定度は、無添加く植物性繊維く改質アスファルトく植物性繊維＋消石灰の順に低い結果となった。したがって、消石灰の添加および改質アスファルトの適用により、はく離抵抗性は、かなり改善されることが判る。

図-8は、選定した6配合のバインダ量と48時間後のスロープフロー値の関係を示したものである。この結果、バインダ量の増加に伴いスロープフロー値は増加する一般的な傾向を示している。配合の種類の違いによるスロープフロー値は、植物性繊維およびアスベストを使用した配合く改質アスファルトく無添加の順に低い結果となり、繊維質補強材がスロープフローを抑制するのに効果的であることが判る。また、植物性繊維およびアスベストを使用した配合のスロープフロー値は、ほぼ同程度であり、植物性繊維がアスベストの代替品として十分に利用できることを示している。また、ストアス60/80と80/100の差も小さいことから、植物性繊維を添加することにより、より軟質のバインダの適用も可能であると考えられる。改質アスファルトを用いた混合物は、ストアス60/80を用いた配合Aと比較し、かなりのスロープフロー抑制効果があり、これはバインダ単体のダレ試験結果とも整合している。

表-10 各配合の最適バインダ量での性状一覧

配合種類	配合内容	最適バインダ量 %	マーシャル安定度試験			スロープフロー試験 (48h)			透水試験	水浸マーシャル試験			備考
			密度 g/cm ³	空隙率 %	安定度 kN	フロー値 1/10mm	フロー長 1/100mm	粘性係数 Pa·s	透水係数 cm/sec	2日 %	30日 %	60日 %	
配合A	60/80のみ	7.5	2.369	2.2	6.10	62	186.7	1.34×10^9	1×10^{-9} 以下	92.2	69.7	67.3	比較用
配合B	60/80+防止剤A	7.5	2.366	2.3	5.35	61	172.7	1.48×10^9	1×10^{-9} 以下	89.4	61.2	61.6	
配合C	60/80+補強材B	8.0	2.354	2.1	5.47	50	177.7	1.41×10^9	1×10^{-9} 以下	91.3	73.5	68.7	
配合D	60/80+補強材B+防止剤A	8.0	2.347	2.4	5.89	50	175.0	1.48×10^9	1×10^{-9} 以下	89.4	73.4	69.9	
配合K	60/80+補強材A	9.0	2.319	2.2	5.10	78	73.7	3.45×10^9	1×10^{-9} 以下	94.9	73.6	72.2	○
配合L	60/80+補強材A+防止剤A	9.0	2.319	2.2	4.60	68	99.3	2.44×10^9	1×10^{-9} 以下	91.3	69.2	67.7	
配合M	60/80+アスベスト	8.5	2.330	2.4	5.39	72	80.7	3.17×10^9	1×10^{-9} 以下	82.4	66.0	62.2	比較用
配合Q	60/80+消石灰	(8.0)	2.328	2.6	6.82	54	213.7	1.18×10^9	1×10^{-9} 以下	93.4	83.3	73.6	
配合R	60/80+消石灰+補強材A	9.5	2.285	2.4	5.05	84	109.7	2.29×10^9	1×10^{-9} 以下	100.4	82.9	82.1	○
配合E	80/100	7.5	2.367	2.1	6.27	59	169.7	1.50×10^9	1×10^{-9} 以下	91.9	67.3	65.4	
配合F	80/100+防止剤A	7.5	2.366	2.2	5.52	60	112.7	2.29×10^9	1×10^{-9} 以下	87.7	72.3	51.4	
配合G	80/100+補強材B	(8.0)	2.336	2.7	5.54	49	355.7	0.72×10^9	1×10^{-9} 以下	88.5	60.5	65.1	
配合H	80/100+補強材B+防止剤A	(8.0)	2.341	2.5	5.59	52	349.7	0.73×10^9	1×10^{-9} 以下	78.6	53.5	49.8	
配合N	80/100+補強材A	9.0	2.311	2.4	5.10	78	149.3	1.63×10^9	1×10^{-9} 以下	94.6	72.4	65.6	○
配合I	改質アスファルトのみ	8.0	2.340	2.5	4.80	63	129.7	1.92×10^9	1×10^{-9} 以下	91.4	82.0	77.1	○
配合J	改質アス+補強材B	8.5	2.325	2.4	4.36	59	159.0	1.61×10^9	1×10^{-9} 以下	101.8	79.1	74.2	
配合P	改質アス+補強材A	(9.5)	2.282	2.8	3.63	96	221.7	1.14×10^9	1×10^{-9} 以下	88.8	68.3	63.6	

() の箇所は、バインダ量の共通範囲がないため、参考値として空隙率が2.5～3.0%の範囲にあるバインダ量のデータを示した

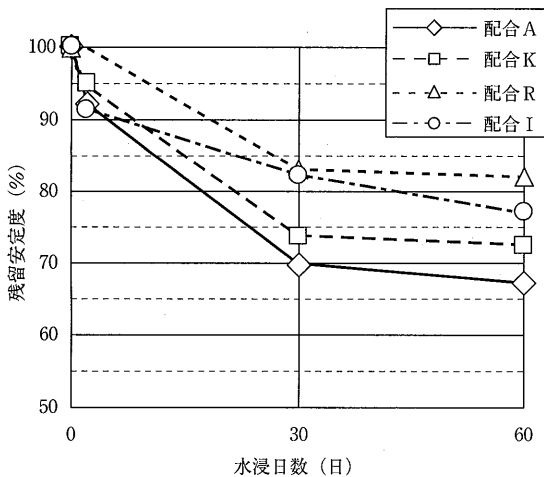


図-7 水浸日数と残留安定度の関係

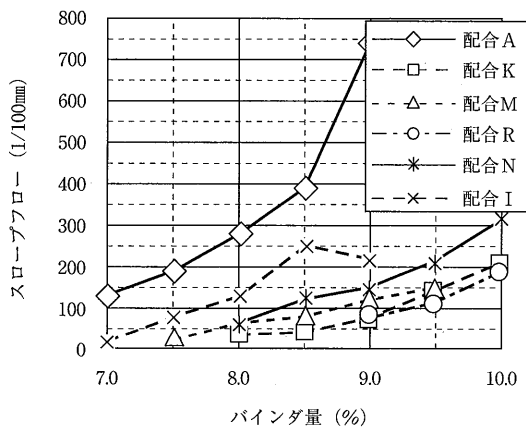


図-8 バインダ量とスロープフローの関係

4. 遮水用アスファルト混合物の力学的性状

4-1 配合の種類と試験項目

力学性状試験の種類と配合の種類は、表-11に示すとおりである。また、各試験の試験条件は、表-12~14に示すとおりである。

4-2 試験結果

4-2-1 曲げ試験

温度と曲げ強度の関係より求められる脆化点とひずみ速度の関係を図-9に示す。また、ひずみ速度 1×10^{-2} の時の温度と破断ひずみの関係を図-10に示す。

この結果、脆化点および破断ひずみは、ストアス 60/80を使用した配合の間において大きな差異がなく、植物性繊維、アスベストおよび消石灰等の使用がひび

表-11 各試験で実施した配合

	配合内容	曲げ試験	温度応力	繰返曲げ
配合 A	60/80	◎	○	○
配合 K	60/80+補強材 A	◎	○	◎
配合 R	60/80+補強材 A+消石灰	○	—	○
配合 M	60/80+アスベスト	○	○	○
配合 N	80/100+補強材 A	○	○	○
配合 I	改質アスファルト	◎	○	◎

注) ◎: O.A.C±0.5%

○: O.A.Cのみ

表-12 曲げ試験の試験条件

項 目	条 件
供試体寸法	4 × 4 × 30cm
試験温度	-15, -5, ±0, +5, +15℃
ひずみ速度*	5×10^{-5} , 5×10^{-4} , 5×10^{-3} , (1×10^{-2}), (5×10^{-2})
載荷方法	2点支持中央集中載荷
配合種類**	配合 A (7.0, 7.5, 8.0), 配合 M (8.5) 配合 K (8.5, 9.0, 9.5), 配合 M (8.5) 配合 R (9.5), 配合 N (9.0), 配合 I (7.5, 8.0, 8.5)

*: () 内は、配合条件により実施した。

**: () 内は、アスファルト量を示す。

表-13 温度応力試験の試験条件

項 目	条 件
供試体寸法	3 × 3 × 27cm
初期温度	+5℃
温度勾配	-10℃/h
配合種類*	配合 A (7.5), 配合 K (9.0) 配合 M (8.5), 配合 N (9.0) 配合 I (8.0)

*: () 内は、アスファルト量を示す。

表-14 繰返し曲げ試験の試験条件

項 目	条 件
供試体寸法	4 × 4 × 40cm
試験温度	+5℃
周波数	2 Hz
波 形	正弦波
設定ひずみ	5℃, 2 Hz: 400, 600, 1000, 1500, 2000, 2500 -15℃, 2 Hz: 300, 400, 450, 500, 600, 750, 900
載荷方法	4点載荷式繰返し曲げ
配合種類**	配合 A (7.5), 配合 K (8.5, 9.0, 9.5) 配合 M (9.0), 配合 R (9.5), 配合 N (9.0), 配合 I (7.5, 8.0, 8.5)

*: () 内は、アスファルト量を示す。

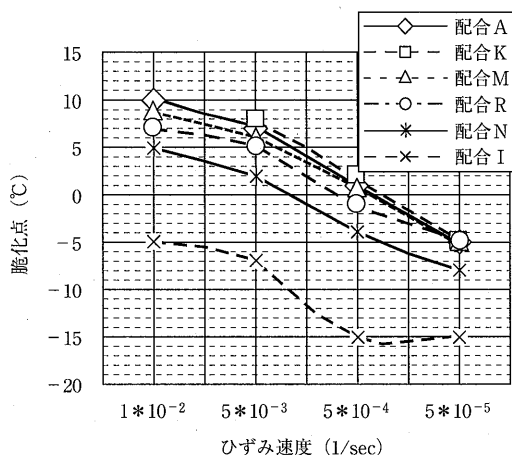


図-9 ひずみ速度と脆化点の関係

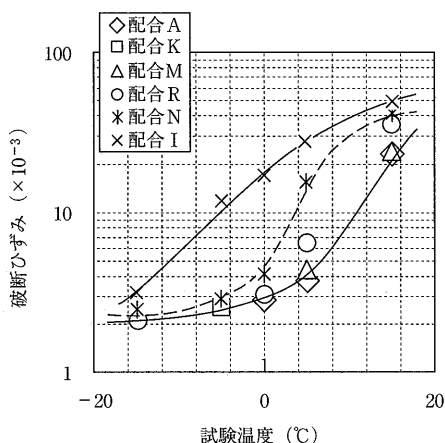


図-10 曲げ試験温度と破断ひずみの関係

われ抵抗性に与える影響は小さいものと考えられる。むしろバインダの種類の違いによる脆化点および破断ひずみの差の方が大きく、ストアス60/80より80/100を使用した配合の方がひびわれ抵抗性に優れた結果となっている。さらに、改質アスファルトは、ストアス60/80や80/100を使用した配合と比較して、大幅に脆化点が低く、破断ひずみが多い。このことは、改質アスファルトを適用することにより、低温時において脆い混合物とならず、ひびわれ抵抗性に優れた性状を示すといえる。なお、曲げ強度は、脆化点付近で、12MPa程度であり、遮水用アスファルト混合物の一般的な数値となっている。

4.2.2 温度応力試験

温度応力試験は、両端を固定した供試体に一定の温

度勾配を与え、このときに発生する応力を測定するものである。この時発生する応力は、図-11に示すように温度の低下とともに次第に大きくなるが、ある温度を境に温度と応力の関係が直線となる。この直線へ移る点を転移点とし、これより低温側を応力緩和が期待できない領域としている。

試験により得られた温度と応力の関係は、図-12に示すとおりである。この結果、ストアスを用いた混

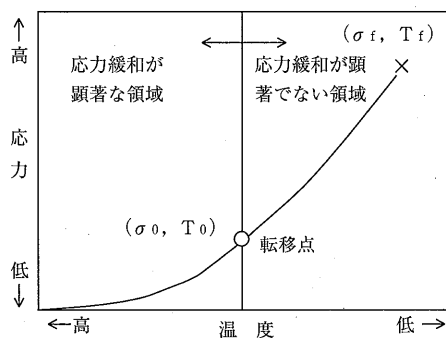


図-11 温度と応力の関係

合物の転移点には、明確な差異が見られず、概ね-20℃程度となっている。しかし、ストアス80/100を用いた混合物は、転移点以降の直線の傾きが小さく、温度低下時の応力の発生が少いようである。また、改質アスファルトを用いた混合物は、ストアス60/80および80/100を使用した配合と比較し、明らかに転移点が低温側(-28℃程度)にシフトしている。改質アスファルトは、このように、低温側での応力の発生が小さいことから、低温時の応力緩和性状に優れ、温度応力によるひびわれの発生を抑制する効果があることが判る。

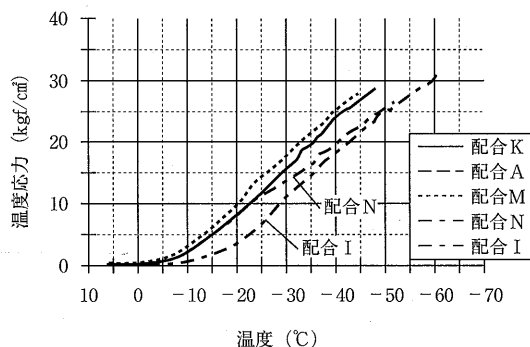


図-12 温度応力試験結果

4-2-3 繰返し曲げ試験

繰返し曲げ試験は、周波数 2 Hz で一定のひずみを与えて実施した。配合の違いによるひずみと破壊に至る繰返し回数の関係は、図-13 に示すとおりである。この結果、ストアス 60/80 および 80/100 を用いた混合物のうち植物性繊維、アスベストおよび消石灰を添加した配合間のひずみと破壊回数の関係はほぼ同程度である。また、ストアス 60/80 のみを用いた配合 A の場合、これらと比較するとやや小さい。しかし、改質アスファルトの場合は、他の配合と比較し、明らかに破壊回数が多くなり、疲労抵抗性に優れていると言える。

ストアス 60/80 に植物性繊維を添加した配合 K と改質アスファルトを用いた配合 I は、バインダ量を変化させた試験も実施した。この時のひずみと破壊に至る繰返し回数の関係は、図-14 に示すとおりである。

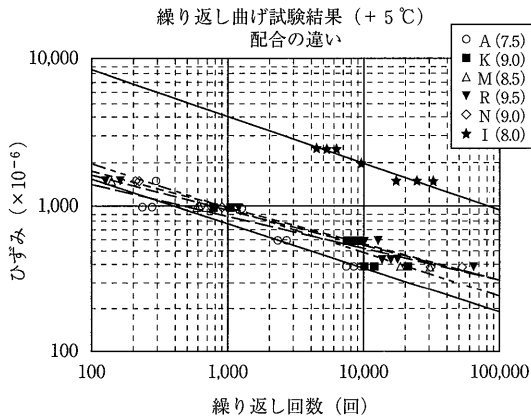


図-13 配合の違いによる繰返し曲げ試験結果

この結果、最適バインダ量より 0.5% 少ない配合では、破壊回数は、最適バインダ量以上の配合と比べて少ない。最適バインダ量およびこれより 0.5% 多い配合は、ひずみが大きい場合には、最適バインダ量の破壊回数が多くなるが、ひずみが小さい場合には、最適バインダ量 + 0.5% の方が破壊回数が多い結果となった。このため、最適バインダ量より少ない配合は疲労抵抗性に劣る傾向となるが、最適バインダ量 + 0.5% の場合、一概にバインダ量が多い方が疲労抵抗性に優れているとは言えない傾向を示した。

5. バインダおよび添加材の違いが遮水用アスファルト混合物に与える影響

バインダおよび添加材の種類の違いが遮水用アスファルト混合物に与える影響について評価した結果を表-15 に示す。評価は、遮水用アスファルト混合物

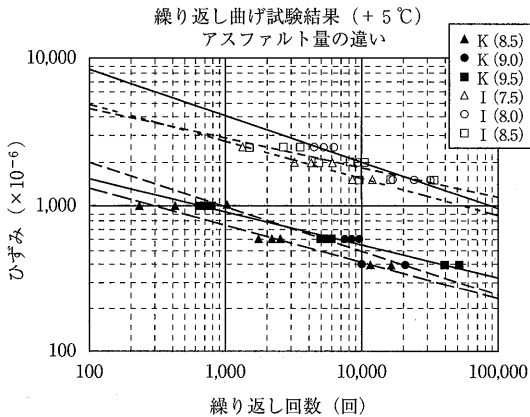


図-14 As量の違いによる繰返し曲げ試験結果

表-15 バインダおよび添加材が遮水用アスファルト混合物に与える影響

配合名		配合 A	配合 K	配合 R	配合 M	配合 N	配合 I
バインダの種類		60/80	60/80	60/80	60/80	80/100	改質As
繊維質補強材の種類		無し	植物繊維	植物繊維	アスベスト	植物繊維	無し
はく離防止剤の種類		無し	無し	消石灰	無し	無し	無し
不透水性	透水試験	○	○	○	基準	○	○
斜面安定性	スロープフロー試験	△	○	○	〃	△	○
はく離抵抗性	水浸マーシャル試験	○	○	◎	〃	○	◎
ひびわれ抵抗性	曲げ試験	△	△	○	〃	◎	◎
応力緩和性状	温度応力試験	○	○	-	〃	○	◎
疲労抵抗性	繰返し曲げ試験	△	○	○	〃	○	◎
総合評価		5	4	2	比較用	3	1

*：配合 K を比較用の配合とした。
注) “◎”：M より良好，“○”：M と同等，“△”：M よりやや劣る，“-”：未試験

として、従来用いられてきたストアス60/80にアスベストを添加した配合Mを標準的な配合とし、これと他の配合を比較することにより行った。

この結果、バインダの劣化、低温脆性、疲労抵抗性等に優れている改質アスファルトを使用した配合Iが、遮水用アスファルト混合物として非常に耐久性の高い混合物であるとの評価が得られた。また、ストアス60/80に植物性繊維を添加した配合Kは、配合Mと同等の性能を示しており、植物性繊維はアスベストの代替品となり得るといえる。さらに、ストアス60/80に植物性繊維および消石灰を添加した配合Rは、離抵抗性に、ストアス80/100に植物性繊維を添加した配合Nはひびわれ抵抗性にそれぞれ優れた性状を示した。

6. まとめ

- ①ストアス60/80と80/100を用いた混合物を比較すると、前者は斜面安定性に優れるが、ひびわれ抵抗性に劣る性状を示した。
- ②改質アスファルトとストアスを用いた混合物を比較すると、前者は斜面安定性、離抵抗性、ひびわれ抵抗性、低温時のひびわれ抵抗性および疲労抵抗性などの性状において優れた結果を示した。これは、改質アスファルトのベースとなる原料アスファルトの針入度が350程度とかなり大きいために低温性状に優れ、さらに、この原料アスファルトにゴム弾性を付加するために改質材となるポリマーを安定分散させたためと考えられる。したがって、本改質アスファルトを適用すれば、ストアスのもつ粘性、低温脆性および離抵抗性等を改善でき、特殊な添加材を混入して混合物の性状を改善する必要はないものと考えられる。
- ③ストアスに植物性繊維を添加した混合物は、斜面安定性および疲労抵抗性を改善することができる。また、従来用いられてきたアスベストを添加した混合物と比較しても遜色なく、アスベストの代替品として適用が可能である。
- ④ストアスに消石灰を添加した混合物は、植物性繊維の影響もあって、ひびわれ抵抗性を低下させることもなく、離抵抗性を改善するのに有効であることが確認できた。

あとがき

遮水用アスファルト混合物に関する最近の技術的動向としては、SHRPの試験器を用いてバインダあるいはアスファルト混合物の性状を力学的に把握すべく、精力的な研究を進めている機関もあるようである。

本研究では、ある補修工事を念頭において実施した経緯もあって、一般に遮水用アスファルト混合物に要求される性状を検討するのにとどまったものとなっている。しかしながら、ここで検討した改質アスファルトを用いた混合物は、従来のストアスに繊維質補強材を添加したものと比較し、かなりの性能向上を期待できるものと考えられる。今後、遮水用アスファルト混合物を検討する上で、本研究成果が一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 中島保治：水利へのアスファルトの利用，アスファルト，Vol.13，No.73，1970.5，P2
- 2) 水工アスファルト研究会：水工アスファルト－現場技術者のための材料・設計・施工－，鹿島出版会，1976.11
- 3) 壁谷紀郎，渡辺半士，斉藤実：アスファルト水理構造物の表面保護層の2，3の検討，土木学会第45回年次学術講演会概要集，1994.9，P122
- 4) 家入龍太：世界最高の表面遮水フィルダム，日経コンストラクション，1991.10，P42
- 5) 河田久儀，江向俊文：長寿命化舗装用材料としての高性能バインダと混合物の特性，道路建設，1995.9，P34
- 6) 羽入昭吉，田中正義，松下征司：改質アスファルト混合物の耐久性に関する一考察，第21回日本道路学会論文集，1995，P252
- 7) ㈱日本道路協会：舗装試験法便覧，1988.11
- 8) 森吉昭博，藤原正浩：アスファルトの低温脆性の評価に関する研究，土木学会論文集，第408号／V-11，1989.8，P131
- 9) 加形護：水理構造物の材料特性－フィルダム遮水壁に利用されるアスファルト混合物－，舗装，1987.7，P4
- 10) 伊藤文男，大山清孝，岡野拓雄，鹿野千万人：アスファルト表面斜水壁工事，道路建設，1987.12，P55

自動車の乗り心地に影響を及ぼす路面の特性

(A Study of Road Roughness Characteristics relative to Vehicle Riding Comfort)

関 口 英 輔*

乗り心地に強い影響を及ぼす自動車の挙動は、一般に上下運動、ピッチング運動、およびローリング運動であると言われている。本論文の目的は、それらの運動を引き起こす路面の物理量を特定することである。研究の主なる着眼点は、自動車が4輪で接地していること、つまり路面上の4点の相対的位置関係が、自動車の運動に影響を及ぼすと考えた点にある。

自動車の3つの運動を誘起するメカニズムを、4接地点の高低差をもとに単純化して捉え、それぞれの運動を支配すると思われる3つの物理量を提案した。自動車の挙動と路面性状を実測して比較した結果、これらの物理量で自動車の3つの運動を表現できることが明らかとなった。このことは、従来、主観的に評価されていた乗り心地が、路面性状調査によって客観的に判断できるようになったことを意味する。

1. はじめに

舗装の出来形管理や維持修繕を、客観的な判断基準に基づいて行うためには、路面の状態を定量的に評価する必要がある。わが国では、「縦断凹凸」「わだち掘れ」「ひびわれ」等の破損によって路面状態を表現してきた。これらの破損に対しては、アスファルト舗装要綱¹⁾に出来形管理の判定値が、道路維持修繕要綱²⁾に維持修繕の要否判断の目標値が定められている。また、世界銀行が提唱したことで知られる国際ラフネス指数IRI (International Roughness Index)³⁾は、上記のうち「縦断凹凸」に着目したものである。

一方、道路利用者が享受するサービスのレベルで路面を評価する手法も種々提案されている。例えば、AASHO (米国の州道路技術者協会) 道路試験で開発された測定時サービス指数PSI (Present Serviceability Index)⁴⁾やNCHRP (National Cooperative Highway Research Program) によるRN (Ride Number)⁵⁾などは、「路面の乗り心地」を評価する指標としてよく知られている。これら路面の乗り心地評価についての基本的な考え方は、乗員が感じる主観的な乗り心地を点数化し、その値を路面の物理量によって推定しようとするものである。

さて、「乗り心地」については、自動車工学の分野

でも研究が進められてきた。ただし、自動車工学における研究目的は、いかなる路面に対しても乗り心地の良い自動車を開発することにある。この場合、路面の形状は、座標値として捉えられるだけで、その良否は議論の対象となっていない。舗装を管理する側の立場はこの逆で、どのような自動車に対しても、乗り心地を害さない路面を提供することにある。したがって、乗り心地に影響する路面の形状を特定することが、舗装を維持・修繕・管理する技術者にとって、きわめて重要となる。

ここで、「路面の乗り心地」について考えてみると、「路面の物理的性状」が引き起こす「自動車の挙動」を、乗員が体感することにより主観的に評価したものであると言える。人間の主観は、個人の感覚、体調などによっても多分に変動するため、かなりの曖昧さを含んでいると言えよう。路面の影響が、乗員に到達する前の段階である「自動車の挙動」には、主観の入り込む余地はないので、「自動車の挙動」を説明できる「路面の物理量」が特定できれば、路面の乗り心地評価をさらに客観的なものにすることが可能であると考えられる。ちなみに自動車の挙動は、図-1に示すとおり、前後、左右、上下の各軸方向に対する並進運動とそれら各軸回りの回転運動に分類され、乗り心地に

*せきぐち えいすけ 日本大学助手 理工学部土木工学科

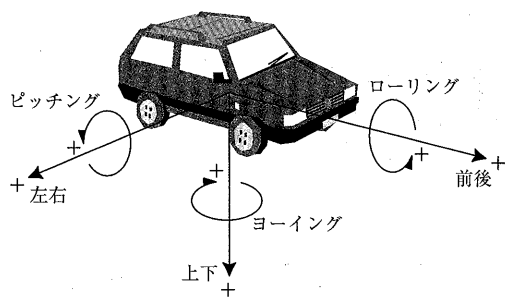


図-1 自動車の座標系

強く影響を及ぼすのは、上下運動、ピッチング運動、およびローリング運動であると言われている⁶⁾。

本研究は、自動車の乗り心地と強い関連を示す上下運動、ピッチング運動、およびローリング運動を発生させる路面の物理量を明らかにすることを目的としている。

2. 本研究の基本的な考え方

本研究は、自動車が4輪で接地することに着目したものである。すなわち、路面上の4点の相対的位置関係が、上下運動、ピッチング運動、ローリング運動を生み出すと考える。したがって、これらの運動を説明できる路面の物理量の特が研究の主眼となる。

以下、各運動ごとに研究の成果をまとめる。

3. 自動車の上下運動に影響を及ぼす路面の特性

本章では、自動車の上下運動を加速度で捉え、その原因となる路面の物理量を明らかにする。この運動は車酔いの原因ともなり、乗り心地を考える際にはきわめて重要なものと位置づけられる。ここで提案する路面の物理量は、自動車の4車輪接地点の位置関係を、左右輪が通る位置、つまり2測線で測定した「縦断凹凸」の値から求めるものである。

3.1 自動車の上下運動の測定

千葉県の臨海地区において、重車両の通行が多いと思われる路線を選定し、自動車の走行時に発生する上下加速度の測定を行った。測定路線数は4路線、線形は、遠心力が自動車の運動に影響を及ぼさぬよういずれも直線とした。測定には、写真-1に示す富士重工のレガシーツーリングワゴン（ホイールベース＝2,630mm、トレッド＝1,460mm）を使用した。その左車輪を、左側のわだち掘れ最深部（目測による）に合わせて時速40kmで走行させ、後部座席足下の車体中心線

上（プロペラシャフトの上）に設置した慣性測定装置のセンサユニット（写真-2）によって上下加速度を検出する。センサからの信号は演算ユニットに取り込まれ、15Hzのローパスフィルタを介してパソコンに出力される。測定延長は各路線とも102.3m、データサンプリング間隔は10cmである。



写真-1 自動車の運動測定に使用した車

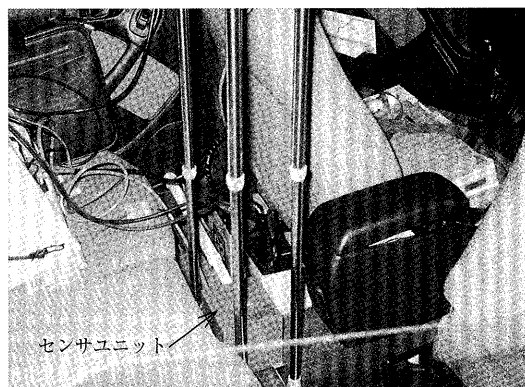


写真-2 慣性測定装置の設置状況

図-2に測定結果の一例を示す。周期性のない不規則な波形が得られる。なお、距離軸のXm地点にプロットされた上下加速度の値は、自動車の前輪がXm地点にある時のものである。

以下、本論文における測定・解析結果は、全て図-2と同じ路線のものである。

3.2 縦断凹凸の測定

縦断凹凸とは、文字通り道路の縦断方向の凹凸であるが、測定機によって捉えているものが若干異なる⁷⁾ため、本研究での定義を、使用した機械と測定方法によって示すことにする。

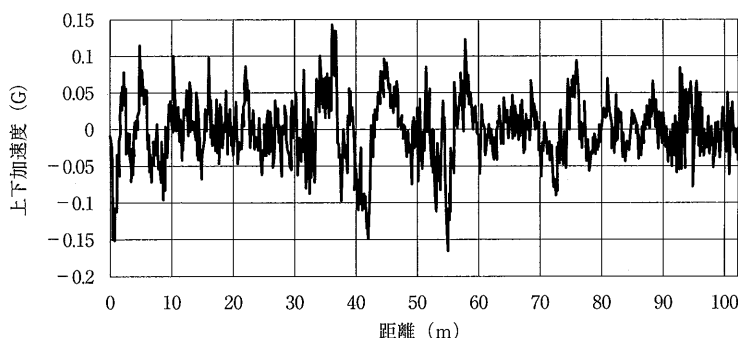


図-2 自動車の上下運動

図-3は、一般に市販されている8輪式の3mプロフィールメータを、真横から見たものである。本測定機は、ビーム中央に設置されたレーザ変位計が、前後各車輪の接地点によって形成される基準線（点線）からの変位量を計測するものである。この変位量が縦断凹凸である。図のように路面が基準線に対して盛り上がっている場合にはプラスの値を、くぼんでいる場合にはマイナスの値を出力する。

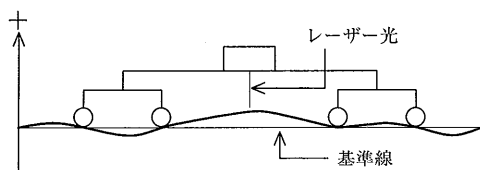


図-3 3mプロフィールメータ

測定は、3.1で述べた4路線において、自動車の挙動測定の際に左右輪が通過した位置で行った。自動車が測定開始点（0 m地点）にさしかかった時、その後輪はホイールベース分だけ後方に位置している。以下に示す概念を求めるにあたって、後輪接地点の路面性状も必要なので、縦断凹凸は、0 m地点よりやや手前から測定を開始している。データサンプリング間隔は、

自動車の上下加速度の測定と同様10cmである。

左右の縦断凹凸の測定結果を図-4にを示す。ここで、X m地点にプロットされた縦断凹凸の値は、3 mプロフィールメータのレーザ照射部が、X m地点に位置するときのものである。先に測定した自動車の上下加速度の波形と比較してみると、必ずしも関連があるとは言い難い。縦断凹凸の波形は、いわば一輪車が走行したときの軌跡に近いので、4車輪で接地する自動車の挙動と比較する際には、4接地点の値を考慮する必要があると考えられる。そこで著者は、4地点の縦断凹凸の値から上下運動に影響を及ぼすと思われる物理量「バウンシングラフネス」を考案した。以下にその概念を示す。

3.3 バウンシングラフネス（Bouncing Roughness : BR）の概念

図-5は、左右の縦断凹凸波形から描いた路面のイメージである。ただし、縦断凹凸は、測定機の手車輪接地点を基準とした「相対的な変位量」なので、厳密には、路面のイメージと実際の路面形状は一致するものではない。しかしながら、その違いは本研究の本質に影響を及ぼすほどのものではないと判断されるので、ここではそれらを同じものとする。

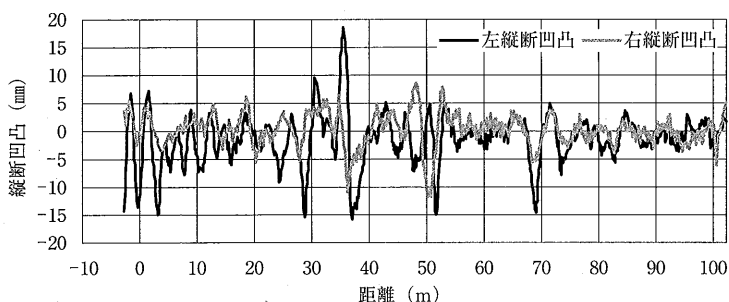


図-4 縦断凹凸の測定結果

この路面上に自動車を置いたとすると、4つの車輪はおおよそA、B、C、Dの各点に接地する。それらの接地点間隔は、路面性状測定機の制約条件により、自動車の車輪間隔と完全に一致するものではないが、問題となるほどの違いではない。自動車の上下運動は、これら4接地点の平均的な位置であるG点の軌跡に関連するものと考え、次に示す物理量、バウシングラフネス (Bouncing Roughness: 以下BRと略す) を考案した。

$$BR = \frac{d_A + d_B + d_C + d_D}{4}$$

ここで、 d_A 、 d_B 、 d_C 、 d_D : A、B、C、D各地点の縦断凹凸

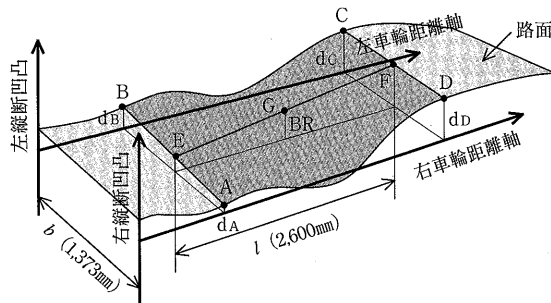


図-5 バウシングラフネス (BR) の概念

3.4 BRと上下加速度の関係

図-6は、BRと上下加速度の波形を重ねて描いたものである。それらの波形には、似通った傾向が観察される。次に、各波形の高周波数成分、いわゆる雑音を除去することで、波形の本質を浮き彫りにする。除去方法は、ローパスフィルタの一種である移動平均法を用いる。平均する

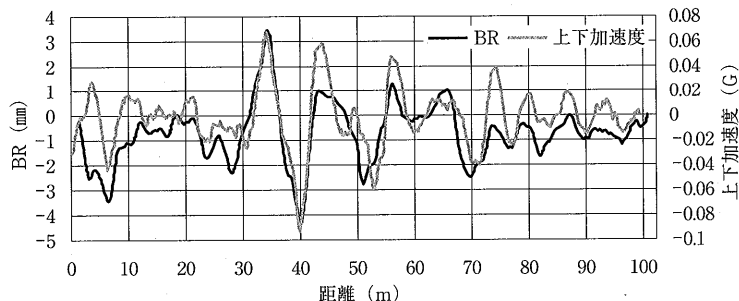


図-7 BRと上下加速度 (移動平均値)

データ数は、自動車のホイールベース長に相当する27点とする。結果は図-7に示すとおりである。図-6に比べ、よりハッキリとした類似性を見ることができ。それらの相関を図-8に示す。相関係数は $R = 0.75$ で、関連性は十分に認められる。このことは、BRで自動車の上下運動を把握できることを示している。道路管理者にとっては、BRの低減をはかることで、自動車の上下運動の発生を抑制することが可能となる。

4. 自動車のピッチング運動に影響を及ぼす路面の特性

本章では、自動車のピッチング運動を発生させる路面の物理量を明らかにする。ブレーキ時に車体がつんのめるのも、加速時にボンネットが浮き上がるのもこの運動であるが、ここでは速度を一定に保つことで路面からの影響のみを検出する。ピッチング運動は、往々にして上下運動と連成して現れるという性質を有するものである。路面の物理量については、BRと同様、自動車の4車輪接地点の位置関係を、2測線で測定した縦断凹凸の値から求められる。

4.1 自動車のピッチング運動の測定

3.1で述べた上下加速度の測定と同じ条件で、自動車のピッチ角速度、ピッチ角の測定を行った。結果は図-9に示すとおりである。縦断凹凸の波形 (図-4)

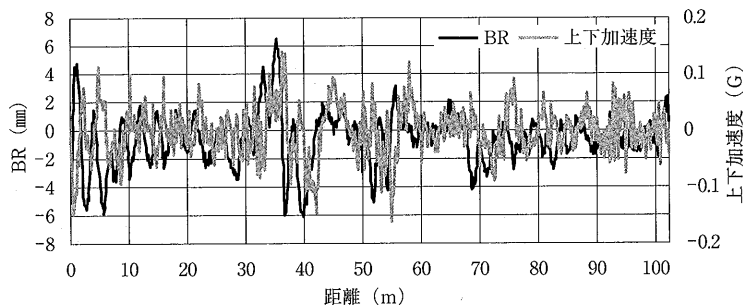


図-6 BRと上下加速度

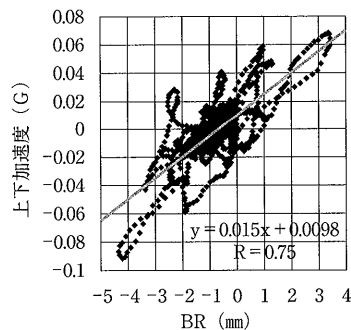


図-8 BRと上下加速度の相関 (移動平均値)

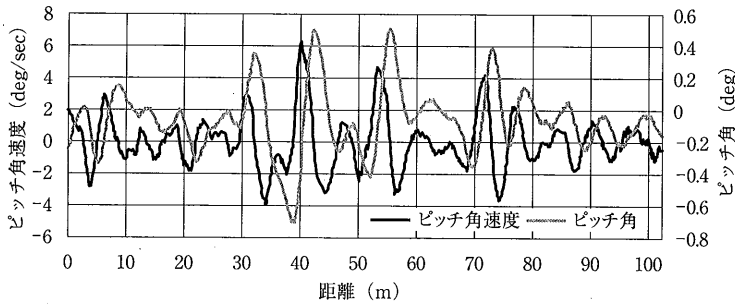


図-9 自動車のピッチング運動

と比較してみても、確たる関連性は得られない。ピッチング運動が回転運動であるのに対して、縦断凹凸は上下方向の変位であることから、比較すること自体に無理があると言えよう。そこで、ピッチング運動の特徴から、それに影響を及ぼすと推定される路面の物理量「ピッチングラフネス」を考案した。以下にその概念を示す。

4.2 ピッチングラフネス (Pitching Roughness : PR) の概念

図-10は、図-5と同様、2測線の縦断凹凸から描いた路面である。E点は、A、Bの中点、つまり後

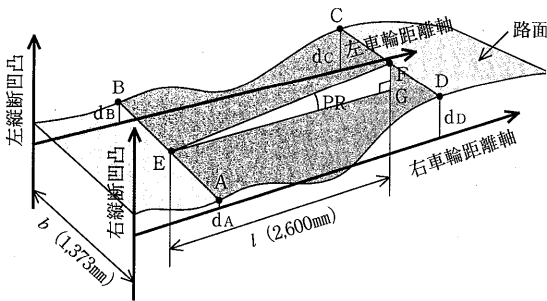


図-10 ピッチングラフネス (PR) の概念

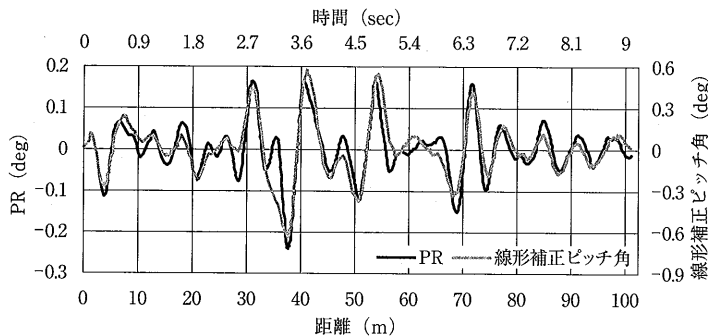


図-11 PRの移動平均値とピッチ角の線形補正值 (位相補正)

輪接地点の平均的な路面高さ、F点は、C、Dの中点、つまり前輪接地点の平均的な路面高さを表している。このとき自動車のピッチ角は、その特徴から直線EFと距離軸に平行な直線EGによって形成される角度 $\angle FEG$ に等しくなるものと推定される。この $\angle FEG$ をピッチングラフネス (Pitching Roughness : 以下PRと略す) と定義する。以下にその物理量を式で表す。

$$PR = \tan^{-1} \frac{\left(\frac{d_C + d_D}{2} \right) - \left(\frac{d_A + d_B}{2} \right)}{l}$$

ここで、 d_A, d_B, d_C, d_D : A, B, C, D各地点の縦断凹凸、 l : ホイールベース (2,600mm)

4.3 PRとピッチ角の関係

図-11は、PRとピッチ角の波形を重ねて描いたものである。ただし、それらの波形には、次の処理が施してある。

PRの波形は、高周波数成分を除去するために、BRと同様、移動平均法 (27点) によってスムージングしてある。一方、ピッチ角は、その原波形に、PRの波形には見られない大きなうねりが僅かながら観察される。このうねりは、道路の縦断線形を捉えたもので、路面の変形によるものではないと考えられる。本節のねらいは、路面が変形したことによって生じるピッチ角を捉えることなので、このうねりについては消去してある。さらに、ピッチ角には、PRに対してわずかながら位相の遅れが見られるので、それについても補正してある。

以上の処理を施した2つの波形には、明らかに類似性が伺える。それらの関係を図-12に示す。 $R = 0.87$

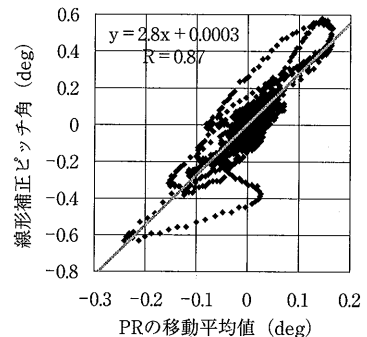


図-12 PRの移動平均値とピッチ角の線形補正值の相関 (位相補正)

と高い相関を得ることができる。したがって、自動車のピッチ角の発生は、PRによって説明できると言える。路面の管理においては、PRの低減をもってピッチ角の抑制が可能である。

4.4 PRの変化率とピッチ角速度の関係

前節において、PRとピッチ角の関連性を示した。理論上、ピッチ角の微分はピッチ角速度なので、PRの微分もまたピッチ角速度を表すものと推察される。もし、この考え方が成り立てば、ピッチング運動にPRが関与していることの、より確実な証左となりうる。

ここで、ピッチ角速度の単位はdeg/sec、つまりピッチ角 (deg) を時間軸に対して微分したものである、PR (deg) も時間軸 (図-11の上辺) に対して微分しなければ、次元が一致しない。以下にPRの微分 (実際には変化率) を算出する式を示す。

$$PR'_{(t)} = \frac{PR_{(t)} - PR_{(t-\Delta t)}}{\Delta t}$$

ここで、 $PR'_{(t)}$: 時間 t におけるPRの変化率、 $PR_{(t)}$: 時間 t におけるPR、 Δt : データサンプリング間隔 (sec)

PRの変化率とピッチ角速度の波形を図-13に示す。

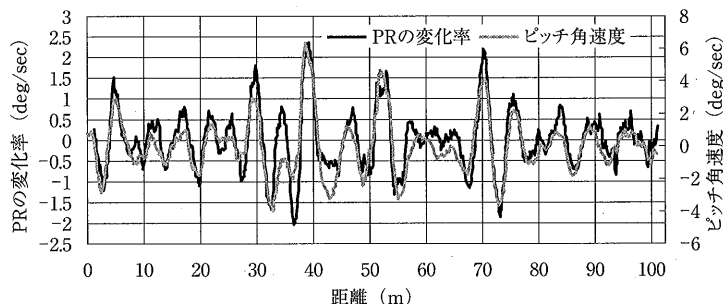


図-13 PRの変化率の移動平均値とピッチ角速度 (位相補正)

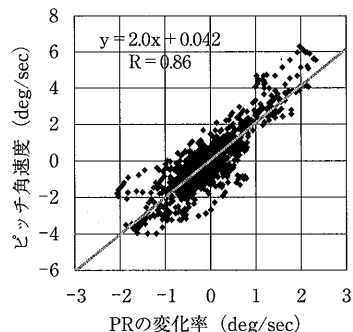


図-14 PRの変化率の移動平均値とピッチ角速度の相関 (位相補正)

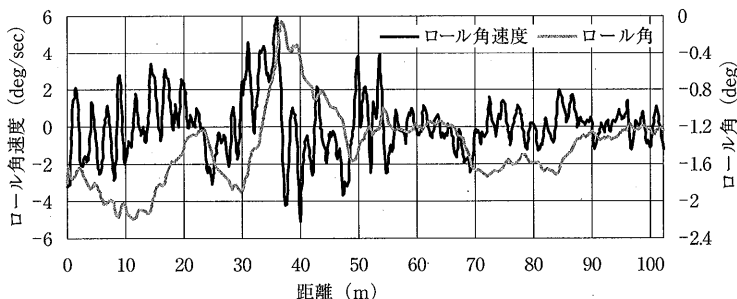


図-15 自動車のローリング運動

なお、PRの変化率は、移動平均法 (27点) によって処理したものである。また、前節同様、位相のずれも補正してある。

2つの波形を比較すると、非常に似通った形状をしている。これらの波形の相関を図-14に示す。R = 0.86と、高い相関を得ることができる。つまり、PRの変化率によって、ピッチ角速度の発生を説明できると言える。また、PRと自動車のピッチング運動の強い関連性も、改めて確認できる結果と言える。

5. 自動車のローリング運動に影響を及ぼす路面の特性

本章では、自動車のローリング運動を発生させる路面の物理量を明らかにする。この運動は、乗り心地だけでなく、操縦性・安定性にも大きな影響をもたらすものである。路面の物理量は、ローリング運動の特徴を、自動車の4車輪接地点の相互関係から捉えたものである。

5.1 自動車のローリング運動の測定

3.1で述べた上下加速度の測定と同じ条件で、自動車のロール角速度、ロール角の測定を行った。結果は図-15に示すとおりである。図-4に示す縦断凹凸の波形との関連性は見られない。そこで、上下運動の

時と同様、4車輪の接地点に注目し、それらの相対的な位置関係からローリング運動に影響を及ぼすと考えられる路面の物理量「ローリングラフネス」を考案した。

5.2 ローリングラフネス (Rolling Roughness : RR) の概念

図-16は、不陸のある路面上においても、センターシャフトが回転することにより、全車輪を浮かすことなく接地させることが可能な車両の概念をモデル化したものである。4車輪の接地位置が同一平面上にない場合、フロントシャフトとリアシャフトの間には図のような角度 θ が生じる。この角度 θ を「ローリングラフネス (Rolling Roughness : 以下RRと略す)」と定義する。RRの正負は、リアシャフトに対するフロントシャフトの回転が右回りか左回りかを表し、右回りの時をプラス、左回りの時をマイナスとする。

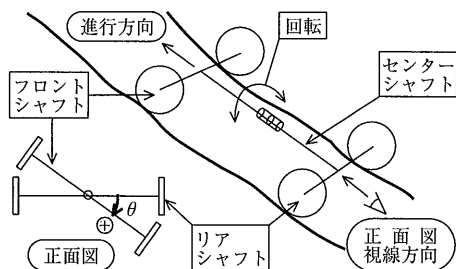


図-16 ローリングラフネスの概念

5.3 RRの測定

RRの定義は、前節に示したとおり角度であるが、実際の測定では角度を直接測定しない。図-17は、路面上のA、B、C点で構成される平面（基準面）に対し、D点の路面が d だけくぼんでいる状態を表している。 d の+-の符号は、D'点が基準面よりも高いとき、つまり路面が盛り上がっていればプラス、逆に

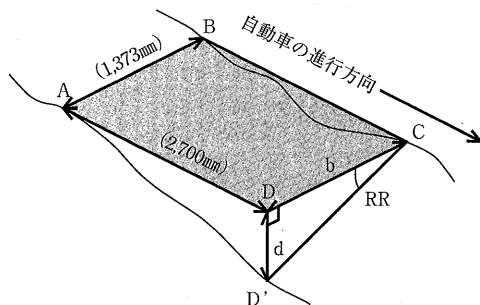


図-17 RRの算出原理

低いとき、つまりくぼんでいればマイナスと約束する。RRは辺ABに対する辺CD'の角度、つまり図中の $\angle DCD'$ ということになるので、 d を測定すれば次式によってRRに変換できる。

$$RR = -\tan^{-1} \frac{d}{b}$$

ここで、 b : トレッド (1,373mm)、 d : D点の変位量 (mm)

A、B、C、Dの各点は、自動車の車輪位置をイメージしているので、AB間をトレッド、AD間をホイールベースと呼ぶことにする。図中に示されているそれらの値は、本研究において d の値を測定するために新しく開発した機械の寸法で、この寸法をもってRRの定義とするものではない。

RRの測定は、自動車の挙動測定において自動車が行った位置で行う。測定延長、データサンプリング間隔については、3.1で述べた上下加速度の測定と同じである。図-18にRRの測定結果を示す。縦断凹凸とは明らかに異なる波形が得られる。なお、距離軸Xm地点のRRのデータは、Xm地点に図-17のC、Dが位置するときの測定値である。

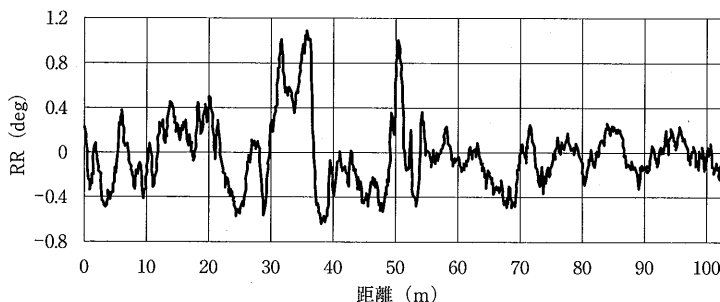


図-18 RRの測定結果

5.4 RRとロール角速度の関係

図-19は、RRとロール角速度の波形を移動平均処理（27点）したものである。2つの波形は非常に似通っている。それらの関係を図-20に示す。 $R=0.87$ と高い相関を得ることができる。このことから、ロール角速度の発生は、RRによって説明できると言える。路面管理によって乗り心地や操縦性・安定性を向上させるためには、RRの低減が効果的であることが分かる。

5.5 RRの積分値とロール角の関係

前節で、ロール角速度はRRによって説明できることが確認された。理論上、ロール角速度を積分するとロール角が得られるので、RRの積分もまたロール角を表すものと推察される。

ここで、ロール角速度の単位はdeg/sec、RRの単位はdegなので、積分するにあたって次元を一致させておきたい。RRは、ホイールベース長離れた2地点における路面の横断勾配の変化量(deg)なので、自動車がホイールベース長進むのに要する時間(sec)で除せば、単位時間当たりの路面の回転角(deg/sec)となり、次元が一致する。その値を時間軸に対して積

分(RR積分と名付ける)し、ロール角と比較する。

図-21は、1番上にRR積分(台形公式による方法)、下方にロール角(色の濃い方)の波形を描いたものである。波形の形は似通っているが、トレンドに相違が見られる。

そこで、RR積分の回帰直線をロール角の回帰直線に一致させてみる(補正RR積分と名付ける)と、図-21下方の薄い色の波形となる。ロール角の波形と比較すると、一致しているのは明らかである。それらの関係を図-22に示す。 $R=0.96$ と高い相関が得られる。このことからRRを積分した波形は、トレンドに違いが見られるものの、ロール角を表すものであると言える。また、RRとローリング運動の関連の強さも実証できたと言えよう。道路管理者はRRを低減させることで、自動車の快適かつ安全な走行に資することができる。

6. まとめ

本研究で得られた主なる成果は、次のとおりである。

- (1) 自動車の上下加速度は、4車輪接地点で形成される路面の物理量「バウンシングラフネス(BR)」に

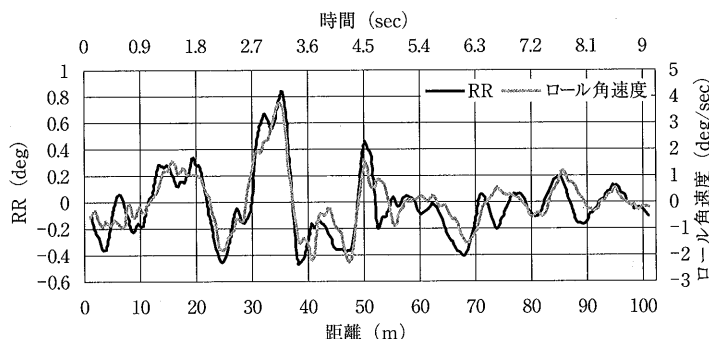


図-19 RRとロール角速度(移動平均値)

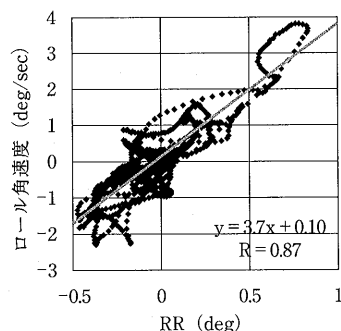


図-20 RRとロール角速度の相関(移動平均値)

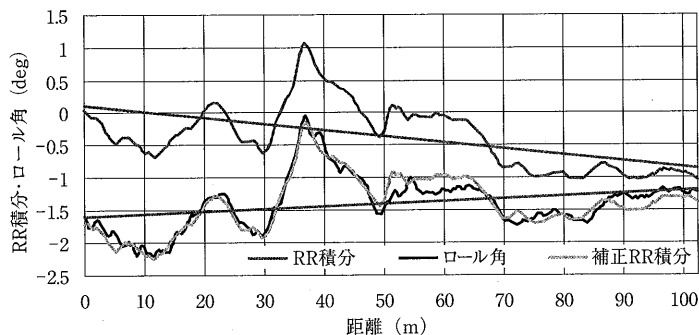


図-21 RR積分とロール角

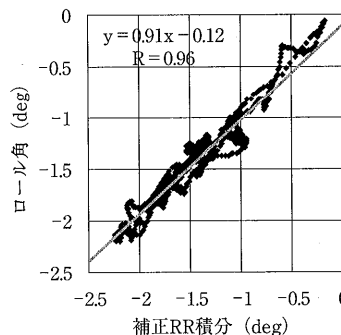


図-22 補正RR積分とロール角の相関

よって表現できることを明らかにした。

- (2) 自動車のピッチ角は、4車輪接地点で形成される路面の物理量「ピッチングラフネス (PR)」によって表現できることを明らかにした。
- (3) 自動車のピッチ角速度は、「PRの変化率」によって表現できることを明らかにした。
- (4) 自動車のロール角速度は、4車輪接地点で形成される路面の物理量「ローリングラフネス (RR)」によって表現できることを明らかにした。
- (5) 自動車のロール角は、「RRの積分」によって表現できることを明らかにした。

以上より、路面の乗り心地は、自動車の4車輪接地点で形成される物理量 (BR, PR, RR) を捉えれば、説明できると言える。これらの物理量が小さくなるように路面を管理すれば、乗り心地に影響を及ぼす上下運動、ピッチング運動、ローリング運動の発生を抑えることに繋がると考えられる。舗装の出来形管理、あるいは維持修繕を行う際に、客観的かつ合理的な意志決定を下すための目安となろう。

7. あとがき

本研究は、乗り心地に影響を及ぼす「路面の物理量」を特定するための、基本原理を示したものである。したがって実用化にあたっては、具現化しなければならない事項がいくつか存在する。例えば、BR, PRを求めるためには、2測線の縦断凹凸値を必要とするが、それぞれの測線を従来の機械で独立して測定した場合、距離計の値が同じであっても、実際には同じところに位置しているとは限らない。また、2測線の間隔を一定に保つことも難しい。この問題は、2測線を同時に測定する機械を作製すれば解決する。RRに関しては、著者の開発した手作りの機械では、効率が悪い上に危険を伴う。車で走行しながら自動的に測定できる機械を作製する必要がある。

BR, PR, およびRRによって路面を管理する場合、それらの大きさが、どのくらいで乗り心地を害するの

か、言い換えれば補修しなければならないのか、といった目安を定めなければならない。また、それらの物理量は、路面上の4地点で決定されるわけであるが、路面管理に最適な4地点の間隔も決める必要がある。これらを定めるためには、地道にデータを積み重ねていくほかない。

以上の解決を見るためには、著者個人の力ではいかんともしがたく、官・民・学の協力体制が必要不可欠である。本研究の意義が関係各位に理解されることを切に願う次第である。

謝辞：路面性状、および自動車の挙動の測定にあたっては、日本大学理工学部土木工学科阿部研究室の大学院生、卒研究生に御協力いただいた。また、研究の発案段階から本論文をまとめるに至るまで、同研究室阿部頼政教授の御指導を賜った。ここに深甚なる感謝の意を表する次第である。

— 参考文献 —

- 1) (社)日本道路協会：アスファルト舗装要綱，324p., 1993.
- 2) (社)日本道路協会：道路維持修繕要綱，361p., 1979.
- 3) Sayers, M.W., Gillespie, T.D. and Paterson, W.D.O. : Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, World Bank Technical Paper Number 46, 87p., 1986.
- 4) AASHO : The AASHO Road Test Report 5 Pavement Research, Highway Research Board Special Report 61E, 352p., 1962.
- 5) Janoff, M.S., Nick, J.B., and Davit, P.S. : Pavement Roughness and Rideability, National Cooperative Highway Research Program Report 275, 69p., 1985.
- 6) 影山夙：車選びの指針，249p., 講談社，1997.
- 7) 佐藤祥一，菅野克美：3mプロファイルメータによる路面凹凸記録の考察，第16回日本道路会議一般論文集，pp.461-462，1985.

第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議（その2）

21世紀初めの報告となります今回は、1998年7月ノルウェーで行われた「第5回の道路・空港舗装の支持力に関する国際会議（BCRA）」の続編について報告します。内容は、前号に引き続き20世紀の内容で申し訳ありません。⑧環境による影響⑨アスファルト材料の2セッションについて論文抄訳を報告します。今回は論文抄訳の続きと、趣を少し変えて研究グループ有志でベルギー、ドイツの視察旅行を行った報告を予定

しています。両国から得られた舗装とアスファルト技術に関する最新のヨーロッパ事情を予定していますのでご期待下さい。研究グループでは、21世紀に向けて出来るだけ最新の技術情報を素早く報告していきたいと考えていますので今後ともご支援よろしくお願いいたします。

（研究グループ代表幹事：峰岸順一）

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

* は班長 ** は副班長

峰岸順一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

* 阿部長門 東亜道路工業(株)技術研究所
市岡孝夫 前田道路(株)技術研究所
伊藤達也 ニチレキ(株)技術研究所
岩塚浩二 (株)パスコ道路技術センター
打田幸平 日進化成(株)第一技術研究所
江向俊文 前田道路(株)技術研究所
岡藤博国 世紀東急工業(株)技術部
鎌田孝行 常盤工業(株)技術研究所
** 金井利浩 鹿島道路(株)技術研究所
黒田 智 日本舗道(株)技術研究所
* 小関裕二 大林道路(株)技術研究所
* 佐々木巖 建設省土木研究所材料施工部化学研究室
佐々木昌平 日本舗道(株)技術開発部
佐藤雅規 ジオサーチ(株)
清水浩昭 世紀東急工業(株)技術研究所
島崎 勝 大成ロテック(株)技術部
菅野伸一 常盤工業(株)技術研究所
鈴木秀輔 大成ロテック(株)技術研究所
鈴木康豊 (株)パスコ道路技術センター
鈴木 徹 大林道路(株)技術研究所
鈴木俊行 ニチレキ(株)技術研究所

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

計42名

8. 環境による影響

(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) Jiang, Y. J., Tayabji, S. D. and Ali, H. (アメリカ)
 (2) Analysis of Seasonal Variations in Moisture State Using LTPP Data
 (3) pp.897~908
 (4) **LTPPデータによる含水量の季節変動の分析** (北澤弘明)
 (5) 舗装内の含水量, 温度の季節変動および特性を把握するために必要なデータを開発するため, LTPPの一部として研究が進められている。アメリカとカナダをまたがる62の試験サイトにおいて, 含水量, 誘電率, および温度の3データ(TDRデータ)の計測を行っている。

結果として誘電率による含水量を推計する方法は確実であることが判明し, 舗装材料の強度に影響を及ぼす含水量の季節変動を推測して弾性係数のように舗装材料の強度係数として位置づけられるとしている。

- (1) Bayomy, F. M., Richter, C. A., and Lopez, A. A. (アメリカ)
 (2) Quantification of Seasonal Variation Effects of Subgrade Soil Moisture and Pavement Temperature on Pavement Performance Using LTPP Data
 (3) pp.909~918
 (4) **LTPPデータを用いた, 路床土の含水量, 舗装体の温度と舗装機能の比較** (黒田 智)
 (5) 本報告は, 連邦道路局(FHWA)による長期舗装性能(LTPP)の季節監視プログラム(SMP)に関するものである。このプログラムは, 1989年から1997年にわたり, アメリカのアイダホ州における集められたLTPPデータの分析結果が述べられている。

現場における包括的データベースは, FWDにより決定された舗装の支持力, 縦横断プロファイル, 含水比, 温度に関するデータと, 舗装機能を表すひびわれ面積, わだち掘れ量, IRIのデータが比較されている。その結果, 環境要因の変化が舗装機能の低下を増加させ, これを助長することが考えられるなどの知見を示した。

- (1) Stubstad, R. N., Lukanen, E. O., Richter, C. A., and Baltzer, S. (アメリカ)
 (2) Calculation of AC Layer Temperatures from FWD Field Data
 (3) pp.919~928
 (4) **FWDデータを用いたAC層の温度の計算** (小関裕二)
 (5) AC層の温度は, 舗装たわみデータの解析に重要なデータである。一般にドリルを用いて穴をあけて内部温度を実測するが, FWDに取り付けられている赤外線温度センサのデータから舗装体を代表する温度を求める方法を検討した。適切なキャリブレーションが行われた温度センサが取り付けられているFWDで取り込まれる温度データから, 舗装体の代表温度を求める式を導いた。ただし, 夜間の温度データが少ないため, 夜間は正確な値を得られない可能性がある。報告の詳細は, FHWA-RD-98-085に述べられている。

- (1) Antunes, M. L., Pinelo, A., and Correia, A. G. (ポルトガル)
 (2) Seasonal Variation of Pavements Response to Falling Weight Deflectometer
 (3) pp.929~938
 (4) **FWDの舗装応答の季節変動** (清水浩明)
 (5) 本論文は, 季節変動による舗装体温度とFWD試験結果から逆解析された弾性係数との関係を述べている。さらに, 路床の間隙水圧の変化に伴う弾性係数の変動性について述べている。
 このアスファルト混合物層の平均温度と逆解析した弾性係数の関係は, 2種類の主要な混合物タイプで導き出され, 舗装から採取した供試体で実施した間接引張試験からも同様な結果が得られた。さらに, FWDから得られた弾性係数の変動は, 粒状材料と路床の応力状態の関連性を示し, 土の間隙水圧の変化と非常に緊密であることを示している。

- (1) Wang, X., Dai, H., Qin, X., Shen, D., and Shen, J. (中国)
 (2) Moisture Model and Critical Height of Highway Subgrades
 (3) pp.939~947

(4) 道路の路床の含水モデルと凍上深さ (鈴木秀輔) (5) 本報告は、3年に及ぶ現地調査および室内試験から得られたデータを基に、シルト質の路床のための含水状態と凍上深さと支持力の関係を調べたものである。この6000m²の試験舗装箇所は、年平均気温が1.7℃で最低気温は-42℃に達する。凍上深さは最大437mmであり、凍上係数も最大で38.2%である。現地調査では、いくつかの地点で温度計と熱電対を用いて深さ0、40、80、160、240cmの温度を計測するとともに、貫入ゲージを用いて凍結深さを決定した。これらの結果から、凍結深さに関する予測式が提案された。
(1) Konrad, J. M., and Roy, M. (カナダ) (2) Design Methodology for Urban Roads in Cold Regions (3) pp.949~958 (4) 寒冷地方における都市道路の設計法 (鈴木康豊) (5) 本論文はカナダのケベック州における都市道路の寒冷地舗装設計法についてまとめられ、基本データ(気象、環境、交通状況、補修履歴、破損タイプ、凍上データ等)の収集、凍上データの解析、凍上と関連づけた補修設計、現場の観測結果に基づいている。 寒冷地方の都市道路における設計は、ケベック地方の12試験区間で評価され、特に凍上による路面の隆起は許容値を超えないようにして、補修設計時に安全性を考慮している。また、経験的な補修方法よりも、現状の路床や交通状況に基づく有効な補修方法を提案している。
(1) 2000.12.01 Simonsen, E., Janoo, V. C., and Isacsson, U. (スウェーデン) (2) Prediction of Pavement Response in Cold Regions (3) pp.959~968 (4) 寒冷地における舗装の応答予測 (関口秀輔) (5) 本論文は、周期的な凍結融解を条件とした舗装の応答予測について述べたものである。応答予測は、気候影響分析と構造応答解析によって行われる。気候影響分析は、土の含水量と温度の変動パターンから計算するもので、質量と熱を結びつけた変換モデル“FROSTB”を使用し、構造応答解析は、汎用有限要素法プログラム“ABAQUS”を使用した。予測の結果は、ヴァーモンド州の広範囲にわたる試験道路のデータと比較された。 その結果、FWDの荷重点位置で計算したたわみの最大値が測定値のおよそ95%となり、正確な予測ができた。舗装の相対的な弾性係数の変動についても正確に予測できた。
(1) Bing, W., Wang, X., Lei, X., Shen, J., and Dai, H. (中国) (2) Increasing the Bearing Capacity of in Cold Regions (3) pp.969~976 (4) 寒冷地における道路支持力の増加 (高橋光彦) (5) 本報告は、凍結融解作用による道路支持力の低下を抑制するクッション層について検討したものである。1シーズンの凍結融解作用を受けたときの路床、クッション層、路盤層での支持力の低下率を測定、供用後7年が経過したセメントコンクリート舗装下における地下水位の違いと凍上の有無による支持力の低下率について検討を行っている。 この結果、舗装を構成する各層での支持力の低下は、使用する材料の種類および路床の排水能力だけでなく、各層の位置にも関係があるとしている。この解析結果をもとに、各層における使用材料別の支持力の低下係数を提案している。
(1) Dongqing, L., Jianhong, F., and Yichi, L. (中国) (2) Modeling Analysis on the Heat Stability of Embankment for the Continuous Permafrost District of Chang Shitou Mountain in Hua Shixia Valley (3) pp.977~984 (4) 花石峡チャンシトー山の永久凍土に対する盛土の熱安定性のモデリング解析 (美馬孝之) (5) 青海-四川高速道路(国道214号線)は、中国の青海-チベット高原の東部を通過し、寒冷地域の厳しい気象条件下にある。この高速道路の約300kmが永久凍土上にあるが、1960年代から永久凍土の厚さが減少してきているのが確認されている。 解析の結果、許容される盛土高さは、アスファルト舗装、コンクリート舗装、碎石舗装に対してそれぞれ4.3m、1.4m、1.0mが限界盛土高さとなった。この結果は、青海-チベット自治区ハイウェイの現場測定値と良く合致した。

- (1) Wang, X., Dai, H., Qin, X., Xue, G., Shen, J., Ji, J., and Liu, G. (中国)
- (2) Evaluation to the Typical Structures of Cement Concrete Pavements in Heilongjiang
- (3) pp.985~994
- (4) **Heilongjiangにおける典型的なコンクリート舗装に対する評価** (早川祥子)
- (5) 近年, Heilongjiangにおいてコンクリート舗装が建設されている。しかし, 建設経験の不足や厳寒な気候のため, 耐荷重の減少, 早期損傷といった問題に直面している。Heilongjiangにおいて使用されているセメントコンクリート舗装は, 砕石をセメント安定処理した上層路盤, 粗粒材料を石灰安定処理した下層路盤, 天然砂利の凍上抑制層である。
現在, Heilongjiangにおいて使用されている上層路盤等の強度は十分である。しかし, 舗装の供用性と寿命は, 水の浸透や凍上の影響を受けるので, 路盤の強度や安定性だけでなく路肩に関しての検討が必要である。

- (1) Ruth, B. E., and Tia, M. (アメリカ)
- (2) Accelerated Age Hardening of Asphalt to Simulate Long Term Effects
- (3) pp.995~1004
- (4) **アスファルトバインダの長期劣化をシミュレートするための劣化硬化の促進** (舟根 毅)
- (5) 本論文では現場における長期劣化を明確に再現するアスファルトの劣化促進装置を開発し, アスファルトの硬化や劣化の調査研究に活用することを目的としている。
ここではスーパーペイプ仕様のAC-30を使用し, 従来の薄膜加熱装置により作成されたOR-2と新しい加熱劣化装置によるOR-3のアスファルト材料を用いて比較を行った。劣化装置での硬化の割合は, 養生温度と時間により大きく影響を与え, 新しい装置により作成されたアスファルトのOR-3のほうがより良い硬化を示した。装置の比較により, 条件や温度による硬化の傾向が示され, それにより粘性が影響を受けることが分かった。

- (1) Aurstad, J., Andersen, E. O., and Lange, G. (ノルウェー)
- (2) Aging of Asphalt Airfield Pavements in Norway - a field and laboratory study
- (3) pp.1005~1014
- (4) **ノルウェーの滑走路におけるアスファルト舗装の劣化についてー (現場と室内での検討)** (水野卓哉)
- (5) この研究プロジェクトにおいては, アスファルト混合物の促進劣化に関しては, ウェザーメータを使用し, またバインダ単体の促進劣化に関しては, SHRPでの試験方法により検討が行われた。
従来のアスファルト混合物に対して, アスファルト量を増やし, 空隙率を低下させた劣化に対して強い混合物を作り出すことができた。さらにこれまでのグルーピング加工をした密粒度混合物 (針入度180: AC 11mm) と比較して, マクロテクスチャに富んだSMAが, 高いすべり摩擦を有することが示された。

- (1) Lerfald, B. O. (ノルウェー)
- (2) Ageing and Degradation of Asphalt Pavements on Low-Volume Roads
- (3) pp.1015~1024
- (4) **軽交通道路におけるアスファルト舗装の疲労と老化** (村田信之)
- (5) 本研究は, ノルウェーにおける道路ネットワークの95%を占める軽交通道路から収集した調査データを基に, アスファルト舗装の疲労状況について評価したものである。
この結果, 軽交通道路におけるアスファルト舗装の主な破損の原因として, ①舗装端部に生じるクラックは幅員不足に起因している, ②凍上によるクラックは使用材料の品質不良あるいは排水システムの不良による, ③わだち掘れは支持力不足。また, アスファルト混合物の特徴的な傾向として, ①仕様に比べバインダ量が多い, ②仕様に比べ空隙率が高いこと, ③回収アスファルトの針入度が低下していることなどを示した。

9. アスファルト材料

- (1) Ruth, B. E., and Weigel, J. L. (アメリカ)
- (2) Assessment of Test Methods and Volumetric Computations for Asphalt Mixtures
- (3) pp.1025~1034
- (4) **アスファルト混合物の容積計算と試験手法の評価** (山脇宏成)

(5) 本論文の目的は、ある特定の試験方法の変動が容積率の計算に対する本質的な影響を持つことを重要視し、アスファルト混合物製造の品質管理試験を改善するための手法を提案することである。 試験方法の変動は、比重吸水試験における見掛け比重、かさ比重、吸水率の変動とそれらの比較を示している。また、品質管理試験としてこの変動がどの様に影響するかを事例研究として、実際のプラントで実施し、さらに品質管理試験の問題点を提起して推奨する項目を示している。
(1) Dongre, R., and Angelo, J. D., (アメリカ) (2) Effect of New Direct Tension Test Protocol on the Superpave Low-temperature Specification for Bitumen Binders (3) pp.1035~1048 (4) ダイレクトテンション試験の仕様変更が与える影響について (江向俊文) (5) 現在、米国連邦道路局 (FHWA) では試験精度や取り扱いの向上のためにSuperpaveのバイнда試験や配合設計の試験法、仕様などの一部変更を行っている。本論文ではDTTを取り上げ、試験仕様の変更がバイндаの低温性状評価試験に与える影響について報告している。 この検証の結果、次のような規格の見直しが行われた。 ①試験片型枠の材質は、シリコンラバーからアルミニウムに変更。 ②冷却冷媒は、アルコールから酢酸塩水溶液 (酢酸カリウム：水=43：57) に変更。 ③有効ゲージ長さ (Le) は、26.7mmから33.8mmに変更。
(1) Anderson, E. O., and Baklokk, L. J. (ノルウェー) (2) Suitability of the Superpave Binder Technology to Norwegian Conditions (3) pp.1049~1056 (4) ノルウェーにおけるSUPERPAVEの適合性について (江向俊文) (5) ノルウェー国内の気候は様々であり、この状況下においてバイндаの選定は十分な考慮が必要である。ノルウェー国内では、1994年より舗装に精通した関係者らがSUPERPAVEの適合性について検討を始め、40種に及ぶバイндаについて針入度や脆化点などの物性を適用する環境を考慮しながら検証している。 SUPERPAVEによるバイндаの選定は、季節変動の影響を受けないことを考慮すると、ノルウェーにおける適合性は十分であると判断された。広く国内でSUPERPAVEによるバイндаの選定を適用するための改良方法と改質剤を考慮する必要性のない方法を得たとしている。
(1) Hao, P., and Zhang, D. (中国) (2) Research of New Concepts in Asphalt Mix Design (3) pp.1057~1066 (4) アスファルト混合物の配合設計の新しい概念 (鈴木 徹) (5) 中国では、年間における最低気温-21.5℃以下および平均最高気温30℃以下の地域で低温クラックが主に生じ、また平均最高気温30℃以上および最低気温-21.5℃以上の地域においてはアスファルト舗装の永久変形の問題が生じるとされている。 この試験の結果、改善策を以下に示している。①硬いアスファルトまたは改質アスファルトを使用し、粗骨材量を増加させる。鋭角で表面が粗い骨材を使用する。②軟らかいアスファルトまたは改質アスファルトを使用し、空隙率を低くする。③剥離防止剤を添加する。改善例として、SMA混合物を推奨している。
(1) Mahammad, L. N., Tan, Z. Z., and Huang, B. (アメリカ) (2) Fundamental Properties of SMA and CMHB Mixes (3) pp.1067~1075 (4) SMA混合物とCMHB混合物の基本的な物性について (玉木琢雄) (5) 室内試験において、ルイジアナ州で一般的な密粒度混合物とSMA混合物とCMHB混合物の強度特性などを比較検討する事を目的とした。 引張り強度試験並びに透水試験において、それぞれの混合物の試験結果を比較するとSMA混合物が最も優れた結果となっており、次いでCMHB混合物、一般的な密粒度混合物の順であった。改質アスファルトの改質効果について、改質材を使用したものが優れた結果を示した。同様に繊維を添加した場合にも同様な結果を示した。骨材の種類に関して、使用する骨材の違いによっても強度特性に与える影響があることが解った。

- (1) Molenaar, A. A. A., and Houben, L. J. M. (オランダ)
- (2) Fatigue and Permanent Deformation Resistance of Asphalt Mixtures can be specified
- (3) pp.1077~1088

(4) アスファルト混合物の疲労破壊および永久変形抵抗性に関する一考察 (林 信也)

- (5) アスファルト混合物の疲労破壊特性ならびに永久変形抵抗に関する試験結果は、実道における挙動を把握する上からも重要である。しかしながら疲労破壊特性を把握するための試験は、非常に時間がかかる試験であり、短時間の試験でそれらを把握できるか検討を行った。

DTTを用いることにより、早期に永久変形抵抗性などを評価が可能であった。それにより混合物作製時の温度や荷重条件によってどのように破壊が進行するかを把握することも可能であった。

- (1) Pais, J. C., Pereira, P. A. A. and Azevedo, M. C. (ポルトガル)

- (2) Influence of Loading Pattern in Four-Point Bending Tests

- (3) pp.1089~1098

(4) 4点支持曲げ試験における荷重パターンの影響 (増山幸衡)

- (5) 混合物の繰返し曲げ試験は、試験温度などによりその結果が大きく影響される。

試験条件の影響を確認するため、試験温度20℃でサイン波、ハーバーサイン波、変形サイン波の3種類の載荷、休止時間は載荷時間の50%、ひずみ制御にて検討した。

これら室内実験結果とAI, Shell, SHRPの予測モデルとの比較を行ったが、ハーバーサイン波の実験値とAIの予測モデルが同様の値を示した。本論文では、実験値と予測モデルの差が生じる原因については言及しておらず、今後の検討が望まれる。

- (1) Shalaby, A., Abd El Halim, A. O. and Easa, S. M. (カナダ)

- (2) Thermal Fatigue Testing of Asphalt Pavement Overlays

- (3) pp.1099~1106

(4) オーバーレイ舗装用混合物の温度疲労破壊の試験方法に関する一考察 (飯田健一)

- (5) 舗装の縦断ひび割れの要因には、低温ひび割れと疲労ひび割れの2種類がある。本研究ではオーバーレイ工事における混合物の温度疲労破壊に着目し、室内試験方法の検討結果について述べられている。

検討は現場より切り出された舗装体を用い、新たに考案された試験機CSCTで、試験温度-20℃~20℃で実施した。舗装種別によるデータの差異が認められるが、寿命にどの様に影響するのか、また混合物のパフォーマンスを数値化できるかの判定は難しい。今後、これらの内容について関連付けられれば興味深いものとなるであろう。

- (1) Erlingsson, S. and Urbancic, E. S. (アイスランド)

- (2) Stiffness and Fatigue Properties of an Icelandic Bituminous Mix

- (3) pp.1107~1116

(4) アイスランドのアスファルト混合物のスティフネスと疲労特性 (鎌田孝行)

- (5) アイスランドで一般的に使用されているアスファルト混合物のスティフネスと疲労特性を得るためにハーバーサイン波を用いた繰返し間接引張り試験を実施した。その結果、混合物のスティフネス、疲労特性、およびレジリエントモジュラスと温度の簡単な関係を得ることができた。

- (1) Pais, J. C., Pereira, P. A. A. and Azevedo, M. C. (ポルトガル)

- (2) Improvement of Permanent Deformation and Fatigue Life of Bituminous Mixtures by Using Modified Bitumens

- (3) pp.1117~1123

(4) 改質アスファルトを用いた永久変形及び疲労寿命の向上 (佐々木巖)

- (5) 本報告は改質アスファルトの永久変形特性と疲労性状に関するものである。永久変形抵抗性試験はSHRPのせん断試験機を用いて、高さ一定の単純せん断モードで実施した。疲労性状試験は混合物の4点曲げ試験で、変位制御にて実施した。スティフネスは、3種類のひずみにより0.1~10Hzの動的測定により求めた。

エラストマーによる改質で疲労寿命の向上が顕著に表われ、ストレートアスファルトの2.6倍に達する。しかし、永久変形抵抗性には特筆すべき差は見られなかった。

- (1) Ibrahim, H. E. and Thom, N. H. (イギリス)

(2) Performance of Emulsion-Aggregate Mixtures During Early Life (3) pp.1124~1134	(佐藤雅規)
(4) 乳剤混合物の早期の供用性について	
(5) アスファルト乳剤混合物は、初期における供用性の悪さから加熱アスファルト混合物に比べ使用量が小さい。本研究は乳剤混合物の初期性状とその供用性について室内試験を行い、加熱アスファルト混合物との比較を行った。	
乳剤混合物は養生時間とともにその強度が発現するため、各養生時間におけるホイールトラッキング試験、間接引張試験および三軸圧縮試験を行い、その結果から現地の供用性等を推定した。この結果、乳剤混合物にかかる過大な荷重は舗装内部の粘着力を低下させ、表面クラックの発生の懸念があることがわかった。	
(1) Collins, R. and Lynn, C. (アメリカ) (2) Performance Related Testing with the Asphalt Pavement Analyzer (3) pp.1135~1142	(菅野伸一)
(4) 舗装の供用性評価試験機 (APA) による解析方法	
(5) 本報告は、供用性評価試験機 (APA) の妥当性について述べたものである。APAは室内作製・現場採取の供試体で、長方形・円形の2種類の形状に対応できる。永久変形は接地圧8.5kgf/cm², 14.2kgf/cm²で、また疲労ひび割れは供試体に設置したワイヤーの切断を感知し評価する。水分感受性は水浸ホイールトラッキングで評価する。	
試験の妥当性は、フロリダ、ジョージア州でも立証されており、SHRPによる混合物評価も重要であるが、APAのような簡便な試験機も取り入れるべきだとしている。	
(1) Horvli, I. and Troan, A. K. (ノルウェー) (2) Gyratory Testing of Cold Mix Asphalt (3) pp.1143~1152	(手塚朗子)
(4) 常温アスファルト混合物のジャイレトリ試験	
(5) ノルウェーでは、アスファルト乳剤を利用した常温アスファルト混合物が簡易舗装に広く用いられている。本報では、ジャイレトリコンパクタを用いた基層や磨耗層の常温アスファルト混合物の試験結果と主な結論が述べられている。	
室内試験において、ジャイレトリコンパクタは軸応力、角度、モールドの直径などを変え、現場での材料特性をシミュレーションしている。また、リサイクル混合物についても、作業性や現場転圧特性を評価するのに用いられている。現場との相関性については、テールマルクプロジェクトでの試験施工で、基層からのコア採取により行われている。	
常温混合物のジャイレトリコンパクタでの配合設計は、通常のSUPERPAVE設計方法でも可能であるが、一部最大比重や最小空隙率の設計範囲が異なってくるものがある。	
(1) Horvli, I. (ノルウェー) (2) Cyclic Load Triaxial Test on Cold Mix Asphalt (3) pp.1153~1162	(立石大作)
(4) 常温混合物における繰り返し三軸試験	
(5) ジャイレトリコンパクタで締固めた常温混合物と、現場より抜き出したコア試料を用い繰り返し三軸試験を行なった。空隙率をそろえ、バインダ量は3.5~5.5%の試料を用い、荷重は段階的に大きくし、また周波数は3~20Hzの範囲で実施した。	
その結果、室内作製供試体とコア試料のレジリエントモジュラスは同レベルであった。繰り返し三軸試験におけるモジュラスは軸荷重の増加とともに増大した。三軸試験におけるE-モジュラスは、間接引張り試験における値よりも低い結果となった。	
ジャイレトリにより締固めた常温混合物を用いた三軸試験の報告であり興味をもたれる。	
(1) Mohammad, L. N. and Gokman, R. (アメリカ) (2) Performance of HMA Mixes with Hydrated Lime (3) pp.1163~1172	(高田祥子)
(4) 消石灰を使用した加熱アスファルト混合物の性状	
(5) 消石灰を用いて改質したアスファルト混合物の基本的特性を調査した。	
石灰岩と砂利の2種類を使用した低密度密粒混合物で、バインダはAC-30・ゴム入り改質の2種類を使用し、消石灰を骨材比1.5%添加/非添加した。間接引張りクリープ試験・間接引張り疲労試験・ハンバーク式ホイールトラッ	

キング試験を実施した。

その結果、消石灰の添加は、アスファルトセメントの永久変形状、疲労耐久性の向上に寄与した。この向上は特に試験温度が高温であるほど結果が明らかになり、また改質混合物で明白となった。

(1) Selim, A. A. (アメリカ)

(2) Liquid Anti-stripping Agents can be Advantageous Over Hydrated Lime in Resisting Moisture-Induced Damage in Asphalt Mixtures

(3) pp.1173~1182

(4) 消石灰よりも剥離抵抗性に優れた液状剥離防止剤に関する検討

(藤谷 篤)

(5) 剥離抵抗性に関して、消石灰と液状剥離防止剤の比較評価を行っている。評価は間接引張り強度 (ITS) 試験および凍結解凍を繰り返した後の間接引張り強度試験により行った。

その結果、剥離対策を行わない混合物のITSは低い。消石灰は初期のITSは高いが凍結解凍を繰り返した後、その値は大きく減少する。液状剥離防止剤の種類による差は無い等の結果を得た。

本論文は、剥離防止に対する有効的な手段として活用できるものと思われる。

(1) Abd El Halim, A., Nabi, R. A., and Abd El Aleen, A. (カナダ, エジプト)

(2) Determination of Shear Strength of Asphalt Layers in The Field

(3) pp.1183~1196

(4) アスファルト舗装における剪断強度の測定結果について

(飯田健一)

(5) 現場で舗装の剪断強度を測定することにより、舗装の長期供用性評価の可能性を模索し、新たな試験機・手法の開発結果について述べられている。本文では室内作製供試体と現場の試験結果の比較検討を行い、開発した試験機にて舗装 (混合物) の評価は可能であるとの結論を得ている。しかしこれらデータについてどのような解析を実施したかは述べられておらず不明瞭な点が多い。

舗装のパフォーマンスの推定が可能等と記述されているが、何を根拠にしているかは不明である。

(1) Abd El Halim, A. and Okail, O. (カナダ, エジプト)

(2) Improving Short and long Term Performance of Asphalt Mixes Through the Use of AMIR Compactor

(3) pp.1197~1209

(4) AMIRローラーを使用したアスファルト混合物の短期および長期性能の向上

(鎌田孝行)

(5) Asphalt Multi Integrated Roller (AMIR) はゴムベルト付きのローラーを持つことから混合物を一様に締固めることができ、また転圧時のクラックの発生を押さえることができる。本論文ではエジプト、カナダ、オーストラリアでの試験施工の結果から、AMIRで締固めた混合物は強度と疲労寿命が改善されたとしている。

転圧方法を変えることによる混合物性状の変化、とくに長期性能の改善は大変興味深く日本国でも参考になるものと考えられる。

インターロッキングブロック舗装

インターロッキングブロック舗装とは、路盤上加圧振動即脱型方式により製造された舗装用コンクリートブロックを表層に用いて、ブロック相互のかみ合わせ機能により荷重を分散させる方式の舗装のことをいう。

インターロッキングブロック舗装を設計・施工する場合には、これまではインターロッキングブロック舗装技術協会が発行している『設計・施工要領』（歩道編…昭和62年発行、車道編…平成2年発行、両者を平成6年に集約）を参考に実施されてきた。しかし、平成12年7月に『アスファルト舗装要綱』（日本道路協会、平成4年度版（以下、アス要綱））に規定される設計交通量のC交通以下（ただし、大型車交通量2,000台/日・方向以下とする）の道路および商店街やコミュニティ道路、住宅地内の区画道路など定期的に大型車が走行しない道路の舗装に適用する設計・施工要領（以下、平成12年度要領）が発行された。

『平成12年度要領』の要旨は以下のとおりである。

- ①インターロッキングブロック舗装（以下、舗装）の舗装構成は、図-1に示すように、路床上に路盤、クッション層、インターロッキングブロック層から成る。
- ②舗装の構造設計は、『アス要綱』と同様にCBR- T_A 法によって行うこととしており、イ）インターロッキングブロック層の等値換算係数は1.0とする。ロ）クッション層は、 T_A の計算にカウントしない、

ハ）路盤の T_A は、『アス要綱』の品質規格に従った等値換算係数を用いて計算することとしている。

- ③舗装は、維持修繕を行いながら20年間供用していくこととする。

- ④舗装の設計交通量区分は表-1のとおりとする。ここで、49kN換算輪数は、設計期間を従来の10年から20年にしたため、原則として『アス要綱』の値の2倍の値としている。

- ⑤舗装の目標とする T_A は、表-2の値を下まわらないように各層の厚さを検討することとし、標準構造として表-3を準用する。

表-1 交通量の区分

設計交通量の区分	大型車交通量（台/日・方向）の範囲	49kN（5t）換算輪数
I	10未満	14,000
II	10以上100未満	60,000
III	100以上250未満	300,000
IV	250以上1000未満	2,000,000
V	1000以上2000未満	7,200,000

表-2 目標とする T_A （cm）

設計CBR \ 設計交通量の区分	I	II	III	IV	V
3	13	16	21	29	35
4	12	15	20	26	32
6	11	14	17	23	29
8	10	12	16	21	26
12	10	11	14	19	23
20	10	11	14	16	20

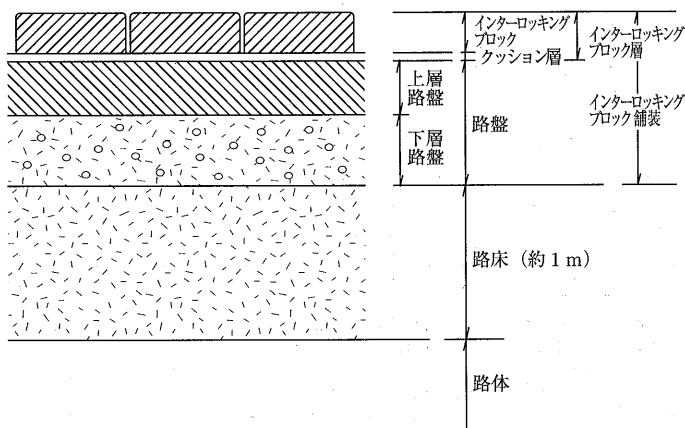


図-1 インターロッキングブロック舗装の構成

⑥設計期間を20年にしたことから、舗装の維持修繕をより入念に実施することを重視し、表-4に示す維持管理基準を参考に補修の要否を判断し、表-5に示すような補修方法で補修することとする。

⑦歩道や自転車舗装は、設計軸荷重をベースにした設

計が定量化しにくいことから、経験を重視した設計を行い、設計期間は10年とし、過去の実施例等を勘案し、舗装構成を決めることとし、図-2、図-3を標準とした。

⑧特定箇所の舗装として、イ) 一般の舗装や排水性舗

表-3 設計交通量の区分Ⅰ～Ⅴの標準構造

(単位: cm)

設計交通量の区分	ブロック層のT _A (cm)	設計CBR(%)	ブロック層		上層路盤			下層路盤	合計厚さ(cm)	T _A '	必要T _A (cm)
			インターロッキングブロック	サンドクッション	瀝青安定処理	セメント安定処理	粒度調整碎石				
Ⅰ	粒状路盤	8	8	2			10	10	30	14.0	13
		8	8	2			10	10	30	14.0	12
		6	8	2			15		25	11.8	11
		8以上	8	2			10		20	10.5	10
Ⅱ	粒状路盤	8	8	2			10	20	40	16.5	16
		8	8	2			10	15	35	15.3	15
		6	8	2			10	10	30	14.0	14
		8	8	2			10	10	30	14.0	12
		12以上	8	2			15		25	11.8	11
	瀝青安定処理	8	8	2	5			20	35	17.0	16
		4	8	2	5			15	30	15.8	15
		6以上	8	2	5			10	25	14.5	14
Ⅲ	瀝青安定処理	8	8	2	10			20	40	21.0	21
		4	8	2	8			25	43	20.7	20
		6	8	2	5			20	35	17.0	17
		8	8	2	5			20	35	17.0	16
		12	8	2	5			10	25	14.5	14
	セメント安定処理	8	8	2		15		20	45	21.3	21
		4	8	2		15		15	40	20.0	20
Ⅳ	瀝青安定処理	8	8	2	10		20	25	65	29.3	29
		4	8	2	10		15	20	55	26.3	26
		6	8	2	10		10	15	45	23.3	23
		8	8	2	10			20	40	21.0	21
		12	8	2	10			15	35	19.8	19
		20	8	2	7			10	27	16.1	16
	セメント安定処理	8	8	2		20	15	20	65	29.3	29
		4	8	2		20	10	15	55	26.3	26
		6	8	2		20		20	50	24.0	23
Ⅴ	瀝青安定処理	8	8	2	12		25	35	82	35.1	35
		4	8	2	12		20	30	72	32.1	32
		6	8	2	12		20	20	62	29.6	29
		8	8	2	10		15	20	55	26.3	26
		12	8	2	10		10	15	45	23.3	23
		20	8	2	10			20	40	21.0	20

注: (1) 設計交通量の区分Ⅱでセメント安定処理工法を使用すると経済性に欠けるため瀝青安定処理工法の使用を原則とする。
 (2) 設計交通量の区分Ⅲで設計CBR 6 以上の場合は、瀝青安定処理工法の使用を原則とする。
 (3) 設計交通量の区分Ⅳで設計CBR 8 以上の場合は、瀝青安定処理工法の使用を原則とする。
 (4) 設計交通量の区分Ⅴは、瀝青安定処理工法の使用を原則とする。
 (5) 舗装表面の横断勾配が十分に確保できない場合には、目地からの浸透水が多くなるため、上層路盤に透水性のある瀝青安定処理材料を使用するとよい。

表-4 インターロッキングブロック舗装の維持管理基準値

調査項目 道路の区分	わだち掘れ 局部沈下 摩耗深さ (mm)	ブロック間の 段差 (mm)	目地幅 (mm)	すべり抵抗値・ すべり摩擦係数 ※1	平坦性 (mm) ※2	ブロックの 破損率 (%) ※3
設計交通量の区分Ⅲ・Ⅳ・Ⅴ	30	5	5	0.25	5	20
設計交通量の区分Ⅰ・Ⅱ	40	5	5	0.25	6	20
歩道・駐車場	30	5	7	40BPN	— ※4	— ※4

※1：すべり抵抗の測定は、ブロック表面がポリッシング作用によりすべりやすくなった場合に測定する。歩道の場合は、振り子式のポータブル・スキッド・レジスタンス・テスターによる計測（湿潤状態）とする。また、車道の場合はすべり摩擦係数とし、自動車専用道路の場合は80km/h、一般道路の場合は60km/hで、路面を湿潤状態にして測定する。
ただし、測定困難な場合は、60BPNで代替する。

※2：縦断凹凸量（σ）による計測。

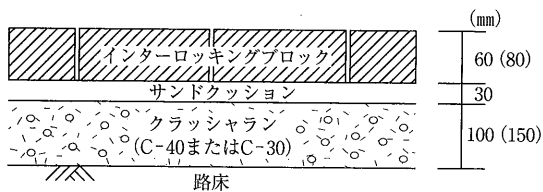
※3：ブロックの破損率は以下の式によって求める。

$$\text{ブロックの破損率 (\%)} = (\text{破損したブロック個数} \div \text{全体のブロック個数}) \times 100$$

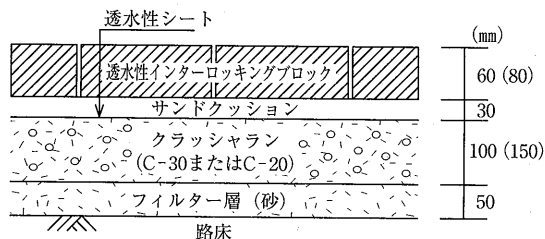
※4：歩道の場合は、安全性や快適性、および景観性の低下や周辺環境との調和不適合と判断されるに至った場合に補修を検討する。

表-5 インターロッキングブロック舗装の破損の種類とその補修方法

破損の種類		補 修 方 法
わだち掘れ	路床・路盤の沈下によるわだち掘れ	①補修箇所のブロックを抜き取り、クッション砂を撤去する。 ②わだち部の路床や路盤を補修する。 ③クッション砂を敷き均し、ブロックを敷設して、転圧と目地詰めを行う。 ④破損していないブロックは再利用するが、この場合はブロックの側面や底面に付着した砂をかき落としてから敷設する。
	クッション砂の品質不良によるわだち掘れ	①補修箇所のブロックを抜き取り、クッション砂を撤去する。 ②品質が確認された新しいクッション砂を敷き均し、ブロックを敷設して、転圧と目地詰めを行う。 ③破損していないブロックは再利用するが、この場合はブロックの側面や底面に付着した砂をかき落としてから敷設する。
	摩耗によるわだち掘れ	①摩耗したブロックを抜き取る。 ②ブロックを抜き取った箇所のクッション砂を平坦に敷き均す。 ③新しいブロックを敷設して、転圧と目地詰めを行う。
ブロックの破 損	角 欠 け	①角欠け・クラックや割れ・表層剥離が生じたブロックを抜き取る。
	クラック・割れ	②ブロックを抜き取った箇所のクッション砂を平坦に敷き均す。
	表 層 剥 離	③新しいブロックを敷設して、転圧と目地詰めを行う。
平坦性低下	段 差	①段差・局部沈下・陥没・不陸が発生した箇所のブロックを抜き取り、クッション砂を撤去する。
	局部沈下・陥没	②破損の状況に応じて、路床や路盤の補修、または、クッション砂の敷き均しを行う。
	不 陸	③ブロックを敷設して、転圧と目地詰めを行う。 ④破損していないブロックは再利用するが、この場合はブロックの側面や底面に付着した砂をかき落としてから敷設する。
そ の 他	ブロックの水平移動	①ブロックの水平移動や目地の広がり軽度の場合は、目地砂を補充するか、目地剤や目地材を用いて目地を固化させる。 ②ブロックの水平移動や目地の広がり重度の場合は、破損箇所のブロックを抜き取り、クッション砂を撤去する。 ③品質が確認された新しいクッション砂を敷き均す。
	目地の広がり	④ブロックの水平移動や目地の広がりが発生していない、本来の目地ラインに合わせてブロックを敷設し、転圧と、目地詰めを行う。 ⑤破損していないブロックは再利用するが、この場合はブロックの側面や底面に付着した砂をかき落としてから敷設する。 ⑥補修箇所の端部やすり付け部などに隙間が空く場合には、その程度に応じて、すり付け部の処理を施す。
	カタカタ現象	①補修箇所のブロックを抜き取り、クッション砂を撤去する。 ②品質が確認された新しいクッション砂を敷き均し、ブロックを敷設して、転圧と目地詰めを行う。 ③破損していないブロックは再利用するが、この場合はブロックの側面や底面に付着した砂をかき落としてから敷設する。



図－２ 歩道舗装の標準構成



図－３ 透水性舗装の標準構成

装との接合部，ロ) バスベイ・バスターミナル部分，ハ) 駐車場，ニ) 交差点・横断歩道部分，ホ) 急勾配部分を指定し，設計・施工の留意点を強調している。

イ) 接合部分は，現場打ちのコンクリートがプレキャストコンクリート製品（幅30～50cm，厚さは上層路盤まで）で拘束する。

ロ) バスベイ等は，1日のバスの発着台数を正確に把握し，設計交通量区分を1ランク上げた舗装構造とし，上層路盤には必ずアスファルト安定処理路盤を使用し，さらに表面排水やクッション層の排水を行える施設・構造にする。

ハ) 交差点等は，上層路盤にアスファルト安定処理

を用い，排水勾配，排水施設をきちんと設ける。
ニ) 勾配が9%を越えるような部分には，貧配合コンクリート路盤を交通量区分に応じて10～20cm厚で設け，クッション層の排水処理や接合部と同様のコンクリート製品を10～20mピッチで設ける。

— 参考文献 —

- 1) インターlockingブロック舗装設計・施工要領（平成12年7月）(社)インターlockingブロック舗装技術協会
〔小島 逸平 (株)ガイアートクマガイ技術研究所〕

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3版 B5版・64ページ・実費頒価 500 円（送料実費）

目 次

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

天然ガス (natural gas)

日本のエネルギー供給構造は、その80%以上を輸入に依存し、また石油への依存度も50%を超えている。また石油の約80%は、中東からホルムズ海峡を経て日本に輸送されている。

今回は、将来の石油依存度の低減等のエネルギー・セキュリティの問題、及び昨今の環境問題に対する関心の高まり等により、“ポスト石油”の最有力と目されている天然ガスについて述べてみたい。

天然ガスは、広義には火山ガス、炭田ガス、温泉ガスなども含むが、一般には天然に産出するメタン(CH_4)を主成分とする可燃性ガスの事を指し、産地によってその組成は異なる。また天然ガスを液化したものをLNG (liquified natural gas) という。

天然ガスは石油に比べ世界各地に広く存在しており、1996年に於ける確認埋蔵量は約170兆 m^3 で、確認可採年数は約62年とされている(石油は約1京バレル、約42年)。天然ガスの開発・利用は、石油よりも新しく、1950年代のアメリカでのパイプラインの整備、60年代のタンカーによるLNG輸送技術の確立により、急速に拡大した。

日本における天然ガスの利用は、1969年にアラスカからLNGが導入されることで開始した。現在では一次エネルギーの約11%を占めているが、日本での産出がほとんどないため、95%以上をLNGの輸入に頼っており、その輸入比率は、東南アジア諸国から約80%、オーストラリアから約20%となっている。また、用途別

利用比率は、発電用75%、都市ガス用22%、化学原料用として3%である。

天然ガスの生産

天然ガスはガス田から産出されるものと、石油採掘に伴って産出されるものがあり、前者を乾性ガス(dry gas)、後者を湿性ガス(wet gas)と呼ぶ。表-1に乾性ガスの代表的な産地と組成を示す。ガス田によっては二酸化炭素、硫黄化合物等を含むものがあり、これらは燃焼等により大気汚染物質の発生を引き起こす。また水分を含む天然ガスは、パイプライン閉塞の原因となるので、これらの不純物は、あらかじめ吸収、洗浄、分留等により除去し、利用、または次の液化プロセスに進むことになる。

天然ガスを燃料として用いたとき、燃料起源の NO_x や SO_x が少ないと言われるのは、この除去プロセスを経ているためである。

液 化

LNGの代表的な産地と組成を表-2に示す。LNGは天然ガスを -162°C まで冷却することによって製造する。天然ガスの冷却には、コンプレッサーで高圧に圧縮した流体を急激に低圧にした際に得られる温度降下を利用している(断熱膨張)。

カスケードサイクル、混合冷媒サイクル、膨張タービンサイクルの3種が商業化されているが、1970年代以降の大型商業施設は、すべて混合冷媒サイクルが採用されている。これは幾つかの冷媒を組み合わせた混

表-1 天然ガスの代表組成 (vol%)

ガス田	Cleavland	Lacq Profond	Groningen	Frigg	Alberta	Hassi R'Mel	Afan	Murban	Chaivo	茂原
国名	アメリカ	フランス	オランダ	(北海)	カナダ	アルジェリア	ナイジェリア	アブダビ	(サハリン)	日本
組成										
CH_4	93.3	69.0	81.3	95.7	91.9	83.7	81.0	76.4	92.8	99.8
C_2H_6	3.5	3.0	2.9	3.6	2.0	6.8	6.5	8.1	3.9	
C_3H_8	0.7	0.9	0.4		0.9	2.1	5.9	4.7	1.7	
C_4H_{10}	0.2	0.5	0.1		0.3	0.8	3.3	2.7	0.8	
C_5	0.0	0.5	0.1			0.4	1.4	1.8	0.3	0.5
CO_2	1.8	9.3	0.9	0.2		0.2	1.7	4.4		1.4
N_2		1.5	14.3	0.4	4.9	5.8	0.2	0.2	0.2	0.1
O_2										
その他	He 0.5	H_2S 15.3				He 0.2		H_2S 1.7		
比重 (空気 = 1)	0.60	0.78	0.64	0.58	0.60	0.65	0.78	0.75	0.61	0.564
発熱量 (kcal/Nm^3)	9,200	8,700	8,000	9,200	9,400	9,400	11,700	11,800	10,200	9,300

抜粋；日本化学会編，化学便覧 応用化学編，pp.740，丸善（1986）

表-2 LNGの代表組成 (vol%)

ガス田	Kenai	S.W.Ampa	Das I	Arun	Badak	Centra Luconia
国名	米国	ブルネイ	アブダビ	インドネシア	インドネシア	マレーシア
組成						
CH ₄	99.8	88.8	75.1	87.7	90.8	91.6
C ₂ H ₆	0.1	5.6	23.1	6.9	4.7	4.1
C ₃ H ₈		3.7	1.7	3.1	3.0	2.7
C ₄ H ₁₀		1.8		1.8	1.3	1.4
C ₅				0.1	0.1	0.1
CO ₂						
N ₂						
O ₂	0.1	0.1		0.4	0.1	0.1
その他						
比重 (空気 = 1)	0.553	0.644	0.685	0.645	0.625	0.624
発熱量 (kcal/Nm ³)	9,500	10,800	11,400	10,900	10,600	10,500

抜粋；日本化学会編，化学便覧 応用化学編，pp.741，丸善（1986）

冷媒を用いることによって，効率よく天然ガスを冷却できるプロセスであり，その概念図を図-1に示す。

LNGの輸送，貯蔵

LNGの輸送は海上ではタンカー，陸上ではタンクローリーを利用することが一般的だが，LNGという超低温液体（-162℃）を取り扱うため，専用設計，特殊な材料を必要とする。-160℃程度でも脆性破壊しない金属としてアルミニウム合金，ステンレス鋼，ニッ

ケル鋼などが利用されている。タンクローリーでは超低温容器の内槽と普通鋼でできた外槽の間に，パーライト粉末を充填し，さらに真空断熱を施し熱の出入りを極力小さくする構造となっている。日本では法規制などから積載量6t程度のものが多い。

LNGの貯蔵に於いても，輸送と同様に超低温対策，断熱対策を施した容器が用いられる。

天然ガス，LNGの利用

天然ガス（特にLNG）は，その製造の際に二酸化炭素，硫黄化合物，水分などの不純物，またメタンより沸点の低い窒素などのガスや，重質な成分は沸点の違いを利用して分離，除去しているので，燃焼用燃料として

- ・高カロリー（総発熱量が約10000kcal/Nm³）
- ・クリーン（低SO_x，低NO_x，低煙など）

という特徴があり，内燃機関（ガスエンジン，ガスタービンなど），ボイラーなどに利用されている。

また化学原料用としては（メタンが主成分なので）

- ・単位重量あたりの水素含有量が多い

という特徴があり，メタノール，アンモニアの原料として極めて重要である。

また近年では，燃料電池用の水素源としての利用も検討されている。

LNG冷熱の利用

LNGは-160℃程度の超低温液体であり，LNG 1kgあたり，約200kcalの冷熱（冷やす力）を持っている。この冷熱を有効利用し，空気分離による液体酸素，液体窒素の製造，ドライアイスの製造，超低温倉庫などが企業化されている。（図-2）

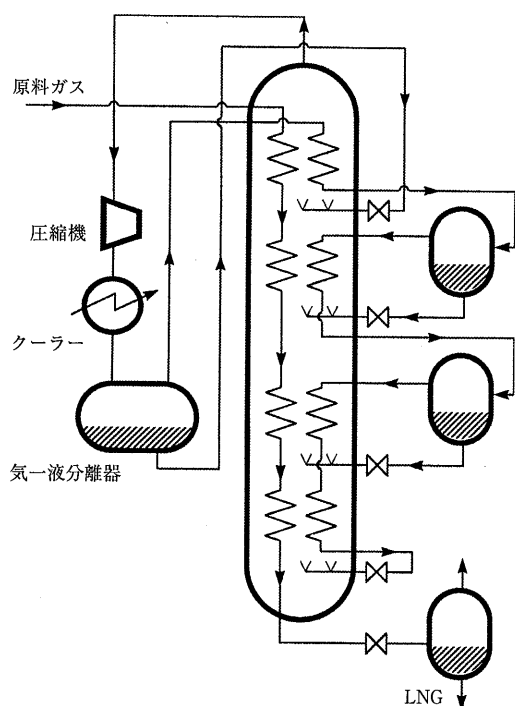


図-1 混合冷媒サイクルの工程

冷熱の利用 (間接利用)	温度 (℃)	LNG直接利用
冷凍食品保管→	0	← [海水淡水化]
	-50	← 冷凍倉庫 ← 冷凍倉庫 ← 液化二酸化炭素製造
食品粉碎→		← ドライアイス温度
食品凍結→	-100	← [エチレン製造]
プラスチック・ゴム粉碎→		
廃自動車の粉碎→	-150	----LNG温度----
----液体窒素温度----	-200	← 空気液化分離
	-250	← [液化水素製造] ← [液体ヘリウム製造]
[] は検討中	-273	

抜粋し加工；日本化学会編，化学便覧 応用化学編，pp.743，丸善（1986）

図－2 LNG冷熱の利用可能分野と温度

—— 参考文献 ——

- 1) 通産省編，新エネルギー便覧，平成10年度版，通商産業調査会出版部（1999）
- 2) 総合エネルギー調査会，需給部会，中間報告書，参考資料，第1章（H10.6.11）
- 3) 日本化学会編，化学便覧，応用化学編，丸善（1986）
- 4) 東京ガス㈱編，天然ガスプロジェクトの軌跡，（1990）
- 5) <http://www.tokyo-gas.co.jp/env/index.html>
- 6) <http://www.gas.or.jp/index.html>
- 7) <http://www.uniongas.com/NaturalGasInfo/AboutNaturalGas/composition.asp>
〔瀬尾 彰 昭和シェル石油㈱中央研究所〕

日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978. 石油アスファルト絶対粘度試験方法

Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt

1. 適用範囲
2. 試験方法の概要
3. 用語の意味
 - 3-1 絶対粘度
 - 3-2 ニュートン流体
4. 装置
 - 4-1 粘度計
 - 4-2 温度計
 - 4-3 恒温そう
 - 4-4 減圧装置
 - 4-5 秒時計
5. 校正
 - 5-1 粘度計の校正
 - 5-1-1. 粘度計校正用標準液による方法
 - 5-1-2. 標準減圧毛管粘度計による方法
6. 試料の準備
7. 操作
8. 計算および報告
9. 精度
 - 9-1 くり返し精度
 - 9-2 再現性

★
実費頒価 400円

<統計資料>

1. 石油アスファルト需給実績 (総括表)

(単位: 千 t)

項 目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	19	5,963	313	6,276
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
5 年 度	244	6,119	(100.0)	2	6,365	6,036	(98.8)	105	6,141	238	6,379
6 年 度	238	6,024	(98.4)	1	6,263	5,834	(96.7)	172	6,006	272	6,278
7 年 度	272	6,025	(100.0)	1	6,298	5,697	(97.7)	343	6,040	271	6,311
8年度上期	271	2,943	(104.6)	0	3,214	2,735	(104.4)	158	2,892	338	3,230
8年度下期	338	3,129	(97.4)	1	3,468	3,082	(100.2)	131	3,213	268	3,481
8 年 度	271	6,072	(100.8)	1	6,344	5,817	(102.1)	289	6,105	268	6,373
9年度上期	268	2,791	(94.8)	3	3,062	2,586	(94.6)	167	2,753	318	3,071
9年度下期	318	3,084	(98.6)	1	3,403	3,046	(98.8)	89	3,135	283	3,418
9 年 度	268	5,875	(96.8)	4	6,147	5,632	(96.8)	256	5,888	283	6,171
10年度上期	283	2,613	(93.6)	0	2,896	2,381	(92.1)	103	2,484	334	2,818
10～12月	334	1,524	(96.6)	1	1,858	1,448	(94.3)	50	1,498	292	1,790
11.1～3月	292	1,497	(99.3)	0	1,789	1,377	(91.2)	20	1,396	302	1,698
10年度下期	334	3,021	(98.0)	1	3,356	2,825	(92.7)	70	2,894	302	3,196
10 年 度	283	5,635	(95.9)	4	5,922	5,229	(92.4)	177	5,406	302	5,708
11. 4月	302	459	(91.3)	0	761	383	(92.6)	11	394	337	731
5月	337	366	(96.6)	0	703	307	(88.5)	22	329	362	691
6月	362	347	(92.8)	0	709	329	(87.0)	17	346	339	685
4～6月	302	1,172	(93.3)	0	1,474	1,019	(89.5)	50	1,069	339	1,408
7月	339	389	(85.3)	0	728	387	(91.7)	22	409	314	723
8月	314	472	(103.1)	0	786	386	(97.4)	29	415	334	749
9月	334	443	(100.0)	0	777	416	(99.3)	34	450	289	739
7～9月	339	1,304	(96.1)	0	1,643	1,189	(96.1)	85	1,274	289	1,563
11年度上期	302	2,476	(94.8)	0	2,778	2,208	(92.9)	135	2,343	289	2,632
10月	289	478	(104.6)	0	767	422	(92.3)	27	449	280	729
11月	280	555	(104.9)	0	835	503	(101.4)	13	516	285	801
12月	285	591	(110.1)	0	876	501	(100.4)	14	515	323	838
10～12月	289	1,624	(106.6)	0	1,913	1,426	(98.2)	54	1,480	323	1,803
12. 1月	323	351	(89.8)	0	674	294	(93.3)	13	307	331	638
2月	331	480	(107.6)	0	811	233	(58.1)	17	250	523	773
3月	523	657	(99.7)	0	1,180	698	(105.6)	25	723	251	974
1～3月	323	1,488	(99.4)	0	1,811	1,225	(89.0)	56	1,281	251	1,532
11年度下期	289	3,112	(103.0)	0	3,401	2,651	(93.7)	110	2,761	251	3,012
11 年 度	302	5,587	(99.1)	0	5,889	4,859	(92.9)	243	5,102	251	5,353
12. 4月	251	474	(103.3)	0	725	358	(92.5)	13	371	331	702
5月	331	353	(96.5)	0	684	168	(54.7)	16	189	481	670
6月	481	334	(96.3)	3	818	455	(138.7)	14	469	306	775
4～6月	251	1,162	(99.1)	3	1,416	981	(96.0)	43	1,024	306	1,330
7月	306	461	(118.5)	4	771	396	(102.9)	21	417	319	736
8月	319	455	(96.4)	2	776	384	(98.7)	21	405	328	733

[注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 12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。

<統計資料>

2. 石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位: 千 t)

項 目 年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト				ブローン アスフ アルト	合 計	ストレート・アスファルト				ブローン アスフ アルト	合 計
	道路用	工業用	燃焼用	計			道路用	工業用	燃焼用	計		
元 年 度	4,360	447	932	5,739	251	5,990	101.2	106.2	96.3	100.8	97.3	100.6
2 年 度	4,416	606	929	5,951	254	6,205	101.3	135.6	99.7	103.7	101.2	103.6
3 年 度	4,317	590	796	5,703	241	5,944	97.8	97.4	85.7	95.8	94.9	95.8
4 年 度	4,559	568	741	5,868	241	6,109	105.6	96.3	93.1	102.9	100.0	102.8
5 年 度	4,337	601	860	5,798	238	6,036	95.1	105.8	116.1	98.8	98.8	98.8
6 年 度	4,129	506	968	5,603	231	5,834	95.2	84.2	112.6	96.6	97.1	96.7
7 年 度	4,011	476	978	5,465	232	5,697	97.1	94.1	101.0	97.5	100.4	97.7
8年度上期	1,890	231	508	2,629	106	2,735	102.8	109.0	108.5	104.4	105.0	104.4
8年度下期	2,156	265	540	2,961	121	3,082	99.2	100.4	105.9	100.5	93.1	100.2
8 年 度	4,046	496	1,048	5,590	227	5,817	100.9	104.2	107.2	102.3	97.8	102.1
9年度上期	1,757	219	511	2,487	99	2,586	93.0	94.8	100.6	94.6	93.4	94.6
9年度下期	2,152	275	508	2,935	111	3,046	99.8	103.8	94.1	99.1	91.7	98.8
9 年 度	3,909	494	1,019	5,422	210	5,632	96.6	99.6	97.2	97.0	92.5	96.8
10年度上期	1,529	232	529	2,290	91	2,381	87.0	105.9	103.5	92.1	91.9	92.1
10～12月	1,037	93	264	1,394	54	1,448	94.8	71.5	103.5	94.3	94.7	94.3
11.1～3月	1,034	92	203	1,329	48	1,377	97.7	63.4	80.2	91.3	88.9	91.2
10年度下期	2,071	185	467	2,723	102	2,825	96.2	67.3	91.9	92.8	91.9	92.7
10 年 度	3,600	417	996	5,013	193	5,206	92.1	84.4	97.7	92.5	91.9	92.4
11. 4月	272	12	85	369	14	383	96.5	26.7	110.4	91.3	107.7	91.6
5月	199	19	75	293	14	307	94.8	51.4	87.2	88.0	100.0	88.5
6月	232	10	71	313	16	329	94.7	26.3	89.9	86.7	100.0	87.3
4～6月	703	41	231	975	44	1,019	95.5	34.2	95.5	88.8	102.3	89.2
7月	273	12	87	372	15	387	98.6	31.6	98.9	92.5	88.2	92.1
8月	255	18	98	371	15	386	103.7	43.5	100.1	96.6	105.2	96.7
9月	283	13	100	396	20	416	105.2	40.6	98.0	98.3	117.6	99.0
7～9月	811	44	285	1,139	51	1,189	102.4	39.3	99.3	95.7	106.3	96.0
11年度上期	1,514	85	516	2,114	95	2,208	99.1	36.6	97.5	92.4	104.4	92.7
10月	308	16	82	405	17	422	96.6	57.1	89.1	92.3	94.4	92.3
11月	373	14	97	484	19	503	106.3	34.1	119.8	102.3	100.0	102.2
12月	385	13	86	484	17	501	104.9	54.2	94.5	100.4	100.0	100.4
10～12月	1,066	43	265	1,373	53	1,426	102.7	46.2	100.4	98.5	98.1	98.4
12. 1月	182	11	85	278	16	294	94.3	32.4	121.5	93.3	61.7	93.3
2月	124	12	81	217	16	233	43.6	31.1	131.8	56.4	98.7	58.1
3月	575	21	83	680	18	698	103.2	123.5	115.3	105.3	120.0	105.6
1～3月	881	45	249	1,175	50	1,225	85.2	48.9	122.7	88.4	104.2	89.0
11年度下期	1,947	88	514	2,548	103	2,651	94.0	47.6	110.1	93.6	101.0	93.8
11 年 度	3,461	173	1,030	4,662	198	4,859	96.1	41.5	103.4	93.1	102.6	93.4
12. 4月	262	15	68	345	13	358	95.3	125.0	80.0	92.8	92.9	92.5
5月	75	11	68	154	14	168	37.7	57.9	90.7	52.6	100.0	54.7
6月	366	14	59	439	16	455	158.4	140.0	83.1	140.7	100.0	138.7
4～6月	703	40	195	938	43	981	99.7	97.6	84.4	96.0	97.7	96.0
7月	274	17	89	380	16	396	101.1	141.7	102.3	102.1	106.7	102.9
8月	264	17	87	368	16	384	102.7	94.4	88.8	98.7	106.7	98.7

- [注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 12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。

<統計資料>

3. 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量

(1) ストレート

(単位: t)

年月	区分	0～10	10～20	20～40	40～60	60～80	80～100	100～120
10	年	2,262	0	691	102,226	2,597,297	805,100	11
10	上	2,371	0	681	101,020	2,544,619	835,889	0
	下	1,118	0	325	41,743	1,093,940	327,640	0
	期	1,253	0	356	59,277	1,450,679	508,249	0
11	年	2,685	0	726	101,675	2,528,028	863,235	0
11	上	2,842	0	619	100,314	2,537,544	886,142	0
	下	1,379	0	202	48,478	1,083,484	355,160	0
	期	1,463	0	417	51,836	1,454,060	530,982	0
11年	1～3	701	0	191	29,161	745,335	229,531	0
	4～6	454	0	26	20,388	502,715	161,646	0
	7～9	925	0	176	28,090	580,769	193,514	0
10		137	0	134	9,441	209,485	85,741	0
11		244	0	67	7,154	246,262	89,387	0
12		224	0	132	7,441	243,462	103,416	0
10～12月		605	0	333	24,036	699,209	278,544	0
12年	1	218	0	10	5,501	139,209	42,617	0
	2	255	0	46	8,844	220,320	74,906	0
	3	385	0	28	13,455	395,322	134,915	0
	1～3月	858	0	84	27,800	754,851	252,438	0
4		232	0	0	5,588	189,644	54,773	0
5		211	0	35	5,437	147,912	54,630	0
6		211	0	0	5,751	165,061	64,076	0
4～6月		654	0	35	16,776	502,617	173,479	0
7		241	0	11	6,853	191,800	70,240	0
8		88	0	63	7,271	179,796	69,492	0
9		236	0	67	8,397	201,454	75,029	0
7～9月		565	0	141	22,521	573,050	214,761	0
10		292	0	80	7,051	197,005	85,715	0

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

(単位: t)

年月	区分	120～150	150～200	200～300	工業用	燃焼用	その他	計
10	年	0	177,933	0	470,583	1,045,239	1,526	5,202,868
10	上	0	177,882	0	417,531	994,259	2,497	5,076,749
	下	0	73,058	0	231,743	528,348	961	2,298,876
	期	0	104,824	0	185,788	465,911	1,536	2,777,873
11	年	293	168,233	0	218,257	981,536	2,469	4,869,137
11	上	2,581	159,721	0	171,273	1,027,565	2,598	4,893,199
	下	40	71,994	0	84,133	515,869	1,187	2,161,926
	期	2,541	87,727	0	87,140	511,696	1,411	2,731,273
11年	1～3	0	52,920	0	92,300	202,876	971	1,353,986
	4～6	0	34,058	0	40,545	230,838	423	991,093
	7～9	40	37,936	0	43,588	285,031	764	1,170,833
10		106	13,780	0	15,627	81,597	122	416,170
11		147	14,896	0	13,622	96,734	87	468,600
12		0	14,643	0	12,575	84,460	102	468,455
10～12月		253	43,319	0	41,824	262,791	311	1,351,225
12年	1	0	10,184	0	11,407	84,908	119	294,173
	2	1,046	14,116	0	12,417	80,655	216	412,821
	3	1,242	20,108	0	21,492	83,342	765	671,054
	1～3月	2,288	44,408	0	45,316	248,905	1,100	1,378,048
4		0	8,869	0	14,580	67,796	174	341,656
5		0	9,619	0	10,918	67,853	145	296,760
6		0	9,479	0	13,551	59,300	121	317,550
4～6月		0	27,967	0	39,049	194,949	440	955,966
7		0	11,207	0	17,122	89,317	120	386,911
8		0	9,518	0	16,688	87,387	98	370,401
9		0	11,893	0	16,919	76,436	94	390,525
7～9月		0	32,618	0	50,729	253,140	312	1,147,837
10		0	12,138	0	16,635	60,277	112	379,305

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

<統計資料>

(2) プローン

(単位: t)

年月	区分	0～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	アスコンバウンド	特殊アス	道路舗装用	その他	計
10	年度	2,394	38	52,907	30,479	75	291	97,543	1,477	15,628	0	200,832
10	年度	2,476	49	51,746	30,549	87	336	93,642	1,700	14,286	0	194,871
	上	1,119	19	38,938	1,766	47	131	43,045	698	6,958	0	92,721
	下	1,357	30	12,808	28,783	40	205	50,597	1,002	7,328	0	102,150
11	年度	2,651	40	53,424	31,435	114	402	90,712	3,243	11,909	649	194,579
11	年度	2,653	29	54,208	31,176	98	467	89,933	3,374	13,613	858	196,409
	上	1,174	19	41,014	2,162	72	143	43,207	1,738	4,131	353	94,013
	下	1,479	10	13,194	29,014	26	324	46,726	1,636	9,482	505	102,396
11年	1～3	811	12	7,196	12,687	22	105	22,425	541	3,948	0	47,747
	4～6	541	10	20,494	641	38	43	18,867	827	1,665	205	43,331
	7～9	633	9	20,520	1,521	34	100	24,340	911	2,466	148	50,682
10		112	6	2,256	5,148	4	20	7,749	313	1,064	95	16,767
11		268	3	1,532	6,076	13	42	8,714	363	1,622	108	18,741
12		286	0	1,426	5,362	3	92	8,617	288	1,144	93	17,311
10～12月		666	9	5,214	16,586	20	154	25,080	964	3,830	296	52,819
12年	1	230	0	1,103	4,956	4	60	7,350	240	1,627	57	15,627
	2	217	1	1,501	4,980	0	40	6,649	187	2,182	61	15,818
	3	366	0	5,376	2,492	2	70	7,647	245	1,843	91	18,132
	1～3月	813	1	7,980	12,428	6	170	21,646	672	5,652	209	49,577
4		112	0	6,623	420	0	20	4,687	238	590	15	12,705
5		217	0	6,632	178	14	21	6,054	226	995	57	14,394
6		203	0	7,650	193	18	85	5,676	283	1,464	111	15,683
4～6月		532	0	20,905	791	32	126	16,417	747	3,049	183	42,782
7		197	0	6,889	216	4	37	6,876	317	1,081	36	15,653
8		186	0	6,446	147	2	104	7,767	408	677	41	15,778
9		242	3	6,996	649	1	47	8,385	413	825	77	17,638
7～9月		625	3	20,331	1,012	7	188	23,028	1,138	2,583	154	49,069
10		212	6	2,660	4,595	7	122	8,479	423	1,247	67	17,818

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

4. 石油アスファルト品種別荷姿別販売量

(単位: t)

年月	区分	ス ト レ ー ト				プ ロ ー ン			
		バルク	紙 袋	ドラム	計	バルク	紙 袋	ドラム	計
10	年度	5,199,865	873	2,130	5,202,868	130,220	70,398	214	200,832
10	年度	5,073,638	861	2,250	5,076,749	128,283	66,422	166	194,871
	上	2,297,461	444	971	2,298,876	62,237	30,408	76	92,721
	下	2,776,177	417	1,279	2,777,873	66,046	36,014	90	102,150
11	年度	4,866,956	695	1,486	4,869,137	126,602	67,856	121	194,579
11	年度	4,890,718	608	1,873	4,893,199	128,071	68,228	110	196,409
	上	2,160,674	328	924	2,161,926	60,612	33,351	50	94,013
	下	2,730,044	280	949	2,731,273	67,459	34,877	60	102,396
11年	1～3	1,353,388	211	387	1,353,986	31,852	15,858	37	47,747
	4～6	990,095	159	839	991,093	28,957	14,351	23	43,331
	7～9	1,170,579	169	85	1,170,833	31,655	19,000	27	50,682
10		416,119	47	4	416,170	11,143	5,613	11	16,767
11		468,522	42	36	468,600	12,450	6,287	4	18,741
12		468,253	67	135	468,455	10,545	6,747	19	17,311
10～12月		1,352,894	156	175	1,353,225	34,138	18,647	34	52,819
12年	1	294,020	33	120	294,173	10,699	4,914	14	15,627
	2	412,762	52	7	412,821	10,922	4,891	5	15,818
	3	670,368	39	647	671,054	11,700	6,425	7	18,132
	1～3月	1,377,150	124	774	1,378,048	33,321	16,230	26	49,577
4		341,570	77	9	341,656	9,265	3,427	13	12,705
5		296,708	38	14	296,760	9,719	4,670	5	14,394
6		317,234	61	214	317,509	11,367	4,302	14	15,683
4～6月		955,512	176	237	955,925	30,351	12,399	32	42,782
7		386,800	69	42	386,911	10,339	5,300	14	15,653
8		370,349	35	17	370,401	10,196	5,559	23	15,778
9		390,454	53	18	390,525	10,946	6,665	27	17,638
7～9月		1,147,603	157	77	1,147,837	31,481	17,524	64	49,069
10		379,076	87	13	379,176	11,564	6,242	12	17,818

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

県別	年月	10 年	10 年 度		11 年	11 年 度		11年 4～6月			
			上 期	下 期		上 期	下 期				
北 海 道		296,449	313,535	146,149	167,386	299,901	288,469	147,538	140,931	48,074	
青 森 岩 手 宮 城 秋 田 山 形 福 島	森	98,043	97,479	45,448	52,031	101,130	101,266	44,927	56,339	19,818	
	手	38,250	39,239	14,368	24,871	40,866	44,773	19,346	25,427	8,128	
	城	164,899	168,816	69,427	99,389	150,166	140,829	56,977	83,852	25,171	
	田	63,859	64,511	29,843	34,668	58,662	57,771	26,944	30,827	11,597	
	形	26,750	27,726	13,113	14,613	37,260	39,469	17,993	21,476	6,736	
	島	81,725	80,270	31,420	48,850	74,637	72,821	27,892	44,929	13,142	
東 北 計		473,526	478,041	203,619	274,422	462,721	456,929	194,079	262,850	84,592	
茨 城 栃 木 群 馬 埼 玉 千 葉 東 京 神 奈 川 山 梨 長 野 新 潟 静 岡 関 東	城	176,705	209,062	79,400	129,662	234,926	247,217	91,222	155,995	28,483	
	木	32,069	31,926	12,577	19,349	38,059	43,053	16,784	26,269	9,161	
	馬	29,703	27,107	13,686	13,421	26,190	25,771	12,216	13,555	5,407	
	玉	116,492	120,015	51,686	68,329	119,026	120,033	53,484	66,549	25,123	
	葉	134,802	133,392	52,945	80,447	142,504	143,698	57,475	86,223	24,216	
	京	627,591	629,797	272,831	356,966	618,005	636,257	264,582	371,675	126,320	
	川	121,275	114,700	49,112	65,588	124,961	136,935	55,474	81,461	24,159	
	梨	10,093	11,137	4,699	6,438	11,133	11,056	4,467	6,589	2,190	
	野	36,594	37,113	17,664	19,449	40,795	42,831	20,378	22,453	10,158	
	潟	101,406	100,480	44,445	56,035	103,664	105,833	53,649	52,184	25,199	
関 東 計	岡	162,856	139,415	72,919	66,496	181,392	223,997	93,391	130,606	33,678	
		1,549,326	1,553,884	671,704	882,180	1,640,655	1,736,681	723,122	1,013,559	314,094	
	愛 知 三 岐 富 山 石 川 中 部	知	347,202	339,624	134,150	205,474	328,786	325,319	133,697	191,622	61,653
		重	52,119	50,909	22,170	28,739	50,737	48,942	25,579	23,363	12,161
阜		29,300	30,201	11,895	18,306	38,679	39,432	18,474	20,958	7,688	
山		37,511	34,914	17,435	17,479	41,684	47,905	19,629	28,276	8,915	
福 井 滋 賀 京 都 大 阪 兵 庫 和 歌 山 近 畿	川	18,718	18,493	8,433	10,060	17,870	18,067	8,557	9,510	3,972	
	計	484,850	474,141	194,083	280,058	477,756	479,665	205,936	273,729	94,389	
	井	14,604	14,315	7,075	7,240	14,315	15,060	7,470	7,590	4,053	
	賀	31,859	28,855	12,829	16,026	28,194	30,908	12,601	18,307	6,301	
大 阪 兵 庫 和 歌 山 近 畿	都	8,838	7,329	3,082	4,247	9,037	9,612	4,634	4,978	2,491	
	阪	359,565	352,854	155,630	197,224	338,450	356,304	132,831	223,473	70,485	
	庫	221,227	205,741	93,979	111,762	222,362	225,095	106,344	118,751	44,061	
	山	1,079	1,276	787	489	1,373	1,475	614	861	212	
岡 山 広 島 山 口 鳥 取 中 国	歌	46,856	44,755	19,228	25,527	41,468	39,921	18,389	21,532	10,186	
	計	684,028	655,125	292,610	362,515	655,199	678,375	282,883	395,492	137,789	
	山	592,897	534,780	297,673	237,107	262,230	180,377	107,247	73,130	67,317	
	島	153,250	153,474	68,530	84,944	145,470	136,836	63,700	73,136	31,185	
山 口 鳥 取 中 国	取	500,184	451,479	259,241	192,238	447,125	461,355	263,309	198,046	124,135	
	根	30,044	27,975	12,931	15,044	25,648	25,567	10,797	14,770	5,108	
	計	25,784	23,993	9,859	14,134	26,289	28,495	10,756	17,739	4,867	
		1,302,159	1,191,701	648,234	543,467	906,762	832,630	455,809	376,821	232,612	
徳 島 香 川 愛 媛 高 知 四 国	島	38,715	36,673	14,255	22,418	35,641	36,156	14,803	21,353	6,327	
	川	59,824	60,525	26,265	34,260	62,228	60,245	27,641	32,604	13,958	
	媛	56,528	58,023	23,569	34,454	62,222	63,446	25,963	37,483	12,662	
	知	23,333	22,007	8,982	13,025	21,409	22,158	8,420	13,738	4,366	
福 岡 佐 賀 長 崎 熊 本 大 分 宮 崎 児 島 九 州	計	178,400	177,228	73,071	104,157	181,500	182,005	76,827	105,178	37,313	
	岡	201,971	198,159	79,289	118,870	202,147	194,271	86,286	107,985	40,565	
	賀	12,008	12,016	5,796	6,220	10,787	10,964	4,107	6,857	2,299	
	崎	22,992	22,221	6,494	15,727	21,873	22,034	7,605	14,429	3,603	
熊 本 大 分 宮 崎 児 島 九 州	本	40,152	39,604	14,259	25,345	37,699	36,559	14,038	22,521	6,245	
	分	33,275	32,068	12,927	19,141	44,322	50,572	18,219	32,353	13,012	
	崎	32,467	33,183	12,971	20,212	34,776	36,595	12,658	23,937	5,466	
	島	72,751	73,888	23,753	50,135	71,738	67,917	21,308	46,609	7,786	
沖 縄	計	415,616	411,139	155,489	255,650	423,342	418,912	164,221	254,691	67,731	
	縄	19,346	16,826	6,638	10,188	15,880	15,942	5,524	10,418	3,241	
総 計		5,403,700	5,271,620	2,391,597	2,880,023	5,063,716	5,089,608	2,255,939	2,833,669	1,034,424	

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

<統計資料>

5. 石油アスファルト地域別月別販売量

(単位：t)

11年 7～9月	11年 10～12月	12年 1～3月	6	12年 4～6月	7	8	9	12年 7～9月	10
89,875	113,392	27,539	27,507	52,278	28,288	30,027	29,609	87,924	36,776
25,109	35,876	20,463	8,261	20,254	8,851	7,456	9,259	25,566	9,605
11,218	12,835	12,592	3,622	9,359	3,860	3,744	7,861	15,465	4,653
31,806	41,941	41,911	7,445	25,406	10,645	8,493	6,970	26,108	10,093
15,347	19,311	11,516	4,212	11,100	5,199	4,252	4,960	14,411	5,667
11,257	13,164	8,312	4,321	9,692	3,809	3,959	3,797	11,565	3,985
14,750	22,252	22,677	4,319	13,882	6,100	4,708	5,650	16,458	4,941
109,487	145,379	117,471	32,180	89,633	38,464	32,612	38,497	109,573	38,944
62,739	72,962	83,033	2,697	28,703	21,262	22,482	18,851	62,595	15,180
7,623	10,375	15,894	3,382	10,494	3,373	2,853	3,272	9,498	3,626
6,809	7,277	6,278	1,248	4,095	1,555	2,323	3,408	7,286	2,888
28,361	30,444	36,105	8,731	24,725	9,214	8,863	9,914	27,991	10,151
33,259	41,297	44,926	9,511	22,551	9,230	8,778	9,437	27,445	9,260
138,262	167,084	204,591	45,147	127,796	49,637	51,217	47,818	148,672	52,731
31,315	35,009	46,452	8,278	24,471	8,845	9,922	16,907	35,674	10,673
2,277	3,005	3,584	663	2,625	792	1,182	1,635	3,609	1,340
10,220	13,225	9,228	3,068	10,886	3,756	3,301	3,323	10,380	4,047
28,450	30,309	21,875	7,429	24,814	8,117	8,703	9,584	26,404	8,616
59,713	64,116	66,490	12,478	41,384	21,482	22,964	20,486	64,932	23,901
409,028	475,103	538,456	102,632	322,544	137,263	142,588	144,635	424,486	142,413
72,044	88,286	103,336	18,196	59,315	25,193	22,265	26,478	73,936	22,988
13,418	10,541	12,822	2,315	7,025	2,920	3,315	3,419	9,654	3,114
10,786	11,676	9,282	3,103	8,785	3,889	2,241	2,208	8,338	2,295
10,714	15,016	13,260	4,846	15,389	5,070	5,026	5,928	16,024	5,267
4,585	5,060	4,450	1,150	4,718	1,379	1,068	1,064	3,511	1,342
111,547	130,579	143,150	29,610	95,232	38,451	33,915	39,097	111,463	35,006
3,417	3,978	3,612	1,448	4,725	1,189	1,041	1,296	3,526	4,115
6,300	7,701	10,606	2,467	7,028	2,079	2,184	2,372	6,635	2,027
2,143	2,456	2,522	453	1,740	485	590	666	1,741	467
62,346	102,405	121,068	29,440	94,237	26,454	25,046	33,258	84,758	27,857
62,283	58,451	60,300	11,789	42,686	16,090	16,957	17,680	50,727	17,933
402	419	442	44	134	116	27	45	188	48
8,203	9,471	12,061	1,923	6,338	2,515	1,735	2,750	7,000	2,480
145,094	184,881	210,611	47,564	156,888	48,928	47,580	58,067	154,575	54,927
39,930	38,116	35,014	16,048	37,421	16,142	9,789	10,253	36,184	9,674
32,515	35,783	37,353	10,495	31,620	12,153	11,028	13,682	36,863	12,603
139,174	107,559	90,487	25,051	80,961	37,948	36,466	27,937	102,351	21,610
5,689	7,341	7,429	1,868	5,751	1,602	1,453	1,407	4,462	1,197
5,889	8,454	9,285	1,852	7,399	2,287	2,215	2,412	6,914	1,598
223,197	197,253	179,568	55,314	163,152	70,132	60,951	55,691	186,774	46,682
8,476	9,265	12,088	1,932	6,308	2,676	1,972	1,391	6,039	2,272
13,683	16,504	16,100	4,328	13,434	5,276	5,353	5,420	16,049	4,792
13,301	16,730	20,753	3,770	13,748	3,346	3,223	4,024	10,593	4,650
4,054	5,665	8,073	1,579	4,575	1,858	1,677	1,794	5,329	2,297
39,514	48,164	57,014	11,609	38,065	13,156	12,225	12,629	38,010	14,011
45,721	45,824	62,161	10,598	34,880	15,146	11,357	14,170	40,673	11,481
1,808	3,203	3,654	537	2,164	555	513	520	1,588	755
4,002	6,682	7,747	2,036	6,217	1,060	1,985	1,053	4,098	1,909
7,793	8,782	13,739	2,150	6,915	2,409	2,236	2,030	6,675	2,049
11,452	15,098	17,255	3,289	9,369	2,389	2,320	2,691	7,400	3,888
7,192	10,061	13,876	2,016	6,122	1,914	2,090	2,957	6,961	3,385
13,522	18,365	28,244	4,526	10,327	3,746	5,227	5,603	14,576	4,021
91,490	108,015	146,676	25,152	75,994	27,219	25,728	29,024	81,971	27,488
2,283	3,278	7,140	1,665	4,962	663	553	914	2,130	876
1,221,515	1,406,044	1,427,625	333,233	998,748	402,564	386,179	408,163	1,196,906	397,123

社団法人 日本アスファルト協会会員

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

[ディーラー]

● 東北

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

● 関東

朝 日 産 業 株 式 会 社	(103-0025) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7878	コ ス モ
株 式 会 社 ア ス カ	(106-0032) 港区六本木7-3-3	03 (5772) 1505	出 光
伊 藤 忠 燃 料 株 式 会 社	(153-8655) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8211	J O M O
梅 本 石 油 株 式 会 社	(102-0073) 千代田区九段北3-2-1	03 (5215) 2286	コ ス モ
エムシー・エネルギー株式会社	(100-0011) 千代田区内幸町1-3-3	03 (5251) 0961	日 石 三 菱
株式会社JOMOサンエナジー	(105-0004) 港区新橋4-24-8	03 (5400) 5855	J O M O
コスモアスファルト株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011	コ ス モ
国 光 商 事 株 式 会 社	(164-0003) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231	出 光
昭 石 商 事 株 式 会 社	(107-0051) 港区元赤坂1-1-8	03 (5474) 8511	昭和シェル
新 日 本 商 事 株 式 会 社	(170-0005) 豊島区南大塚3-53-5	03 (5391) 4870	昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105-0011) 港区芝公園2-6-8	03 (3578) 9521	出 光
竹 中 産 業 株 式 会 社	(101-0044) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0185	昭和シェル
中 央 石 油 株 式 会 社	(160-0022) 新宿区新宿1-14-5	03 (3356) 8061	モ ー ビ ル
エフケー石油販売株式会社	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (5823) 5581	富 士 興 産
東 新 エ ナ ジ ー 株 式 会 社	(103-0027) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3551	日 石 三 菱

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
東洋国際石油株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3555) 8138	コ ス モ
中西瀝青株式会社	(103-0028) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471	日石三菱
株式会社南部商会	(108-0073) 港区三田3-13-16	03 (5419) 9861	日石三菱
日石丸紅株式会社	(105-0001) 港区虎ノ門1-19-10	03 (5251) 0777	日石三菱
日東商事株式会社	(170-0002) 豊島区巢鴨4-22-23	03 (3915) 7151	昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103-0014) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4951	モービル
富士油業株式会社東京支店	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (5823) 8241	富士興産
丸紅エネルギー株式会社	(101-8322) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171	モービル
三井石油株式会社	(100-0011) 千代田区内幸町1-3-1	03 (5510) 5807	極東石油
ユニ石油株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616	昭和シェル
● 中部			
鈴与商事株式会社清水支店	(424-8703) 清水市入船町11-1	0543 (54) 3322	モービル
富安産業株式会社	(939-8181) 富山市若竹町3-74-4	0764 (29) 2298	昭和シェル
松村物産株式会社	(920-0031) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121	日石三菱
丸福石油産業株式会社	(933-0954) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860	昭和シェル
● 近畿・中国			
大阪アスファルト株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津6-3-11	06 (6442) 0031	出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530-0047) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (6364) 7212	コ ス モ
三徳商事株式会社	(532-0033) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (6394) 1551	昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670-0935) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	J O M O
千代田瀝青株式会社	(530-0044) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (6358) 5531	日石三菱
富士商株式会社	(756-8501) 小野田市稲荷町10-23	0836 (81) 1111	昭和シェル
株式会社松宮物産	(522-0021) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608	昭和シェル
横田瀝青興業株式会社	(672-8057) 姫路市飾磨区恵美酒147	0792 (33) 0555	J O M O
株式会社菱芳磁産	(671-1103) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344	J O M O
● 四国・九州			
伊藤忠燃料株式会社九州支社	(812-8528) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851	J O M O
今別府産業株式会社	(890-0072) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111	J O M O
三協商事株式会社	(770-0941) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131	富士興産
サンヨウ株式会社	(815-0037) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615	富士興産
株式会社ネクステージ九州	(810-0005) 福岡市中央区清川2-20-15	092 (534) 7050	日石三菱
西岡商事株式会社	(764-0002) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001	日石三菱
平和石油株式会社高松支店	(760-0017) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255	昭和シェル
丸菱株式会社	(812-0011) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561	昭和シェル

石油アスファルト統計年報 (平成11年度版)

A 4 : 26ページ ¥800 (送料は実費) 毎年 8 月発行

アスファルトに関する統計
資料を網羅し、年一回発行
する統計年報です。

広くご利用いただけるよ
う編纂致しました。

—目 次—

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

申込先

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

編集顧問

多田 宏 行
藤 井 治 芳
松 野 三 朗

編集委員

委 員 長 :	中 村 俊 行			
阿 部 忠 行	大 野 滋 也	塚 越 徹	姫 野 賢 治	
荒 井 孝 雄	栗 谷 川 裕 造	野 村 健 一 郎	吉 兼 秀 典	
安 崎 裕	小 島 逸 平	野 村 敏 明	若 林 登	
太 田 亨	田 井 文 夫	服 部 潤		

アスファルト 第206号

平成13年 1 月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒100-0014 東京都千代田区永田町2-10-2

秀和永田町TBRビル514号室 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

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

印刷所 キュービシステム株式会社

〒104-0061 東京都中央区銀座1-21-7

GNビル4F TEL 03-3538-3171 (代)

Vol.43 No.206 JANUARY 2001

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION