

アスファルト

第42巻 第202号 平成12年1月発行

202

特集・諸先輩に学ぶ

特集にあたって	河野 宏	1
舗装の表面性状について	市原 薫	2
コンクリート舗装に関する隨想的回顧	岩間 滋	4
時代とともに、アスファルトの歩み	牛尾 俊介	7
電力会社のアスファルト研究 ～最近の私のアスファルト研究～	菅原 照雄	10
海外における契約書、仕様書	陶山 武彦	12
草創期の高速道路舗装設計について	瀬戸 薫	14
現場から学ぼう	中島 清春	16
試験舗装に関わる想い出	南雲 貞夫	18
舗装研究をふり返って	福田 正	20
技術開発に新たな視点を…先輩達の発想に学ぶ…	蒔田 實	22
技術の収穫	松野 三朗	24
潜在的な力	山下 弘美	26

<投稿論文>

コンクリートの硬化時に接着コーティングする
ポリマー改質アスファルトに対する研究

神谷慎吾・田坂茂・稻垣訓宏・田中謙次 28
<アスファルト舗装技術研究グループ・第35回報告>

峰岸順一 35

舗装の材料特性が供用性に及ぼす影響に関する解析

金井利浩・東本崇・岡藤博国

<用語の解説>

骨材露出工法 小島逸平 51

環境アセスメント法（環境影響評価法） 青木秀樹 53

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料 55

ASPHALT

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

第78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。

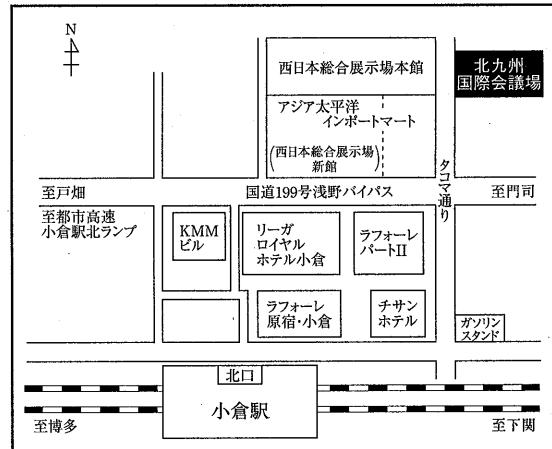
内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

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 建設省、社団法人 日本道路建設業協会、社団法人 日本アスファルト合材協会
4. 開催月日 平成12年2月17日（木）～18日（金）
5. 開催場所 北九州市小倉「北九州国際会議場」（案内図参照）
福岡県北九州市小倉北区浅野3-9-30 ☎093-541-5931
6. 内 容 裏面「プログラム」参照
7. 申込方法 平成12年1月15日までに下記参加申込書に必要事項をご記入のうえ、下記申込先へ郵送にてお申し込み下さい。なお、電話およびFAXでの申込みはお断りいたします。
8. 申込先 社団法人 日本アスファルト協会 アズゼミ係
〒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
9. 参 加 費 6,000円
参加費は、請求書が届き次第、郵便振替または銀行にお振り込み下さい。なお、振り込み手数料はご負担下さい。
10. 参加人数 500名（締切日以前でも定員になり次第締め切らせていただきます。）
11. そ の 他
 - ①払い込み済みの参加費は、不参加の場合でも払い戻し致しません。参加者の変更をすることは差し支えありません。なお、不参加者には後日テキストをご送付致します。
 - ②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。
 - ③宿泊のあっ旋は、勝手ながら当協会では致しませんので、各自にてお願いします。
 - ④会場には駐車設備がありませんので、車でのご来場はご遠慮願います。

会場案内図



.....キリトリ線.....

第78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

開催月日 平成12年2月17日(木)～18日(金)

開催場所 北九州市小倉「北九州国際会議場」

福岡県北九州市小倉北区浅野3-9-30 ☎093-541-5931

第1日目 平成12年2月17日(木) 10:25～16:10

1. 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

2. 今後の舗装技術について

10:30～11:30

建設省 九州地方建設局長

矢野善章

(昼食休憩 11:30～12:30)

3. 最近のアスファルト舗装機械など

12:30～13:30

酒井重工業株式会社 監査役

高野漠

(休憩・ビデオ(建設機械) 13:30～14:05)

4. 関門道路トンネルの完成迄とその後

14:05～15:05

住友彰

(休憩 15:05～15:10)

5. 公共事業におけるリサイクルと舗装への適用

15:10～16:10

建設省 土木研究所材料施工部新材料開発研究官

猪熊明

第2日目 平成12年2月18日(金) 9:30～12:40

1. 平成12年度道路予算(案)

9:30～10:30

建設省 道路局企画課道路経済調査室長

菊川滋

(休憩 10:30～10:35)

2. 維持修繕の推移と今後

10:35～11:35

社団法人 日本アスファルト乳剤協会 理事

坂田耕一

(休憩 11:35～11:40)

3. アスファルト舗装をめぐる最近の動向

11:40～12:40

建設省 土木研究所道路部舗装研究室長

吉田武

第10回論文賞論文募集

主催 (社)日本アスファルト協会

アスファルトは、道路舗装材料や建築防水用などの公共資材を初めとしてインクの原料・産業廃棄物の固化等の広い範囲に利用され、各分野における重要性はますます高まっています。

このため、アスファルトの利用・製造・品質・流通等の技術的進歩改善を目指した技術についての論文を広く募集いたします。

〔応募要項〕

●テーマ

「アスファルトの利用・製造・品質・流通」に関するもの
アスファルト利用技術、アスファルトの製造技術、アスファルト品質技術（改質アスファルトを含む）、アスファルトを用いた舗装技術、アスファルトを用いた防水技術等

●応募条件

- (1) 論文は20,000字程度（図表、写真等を含む）とし、A4版用紙に1ページ40行、1行45字、ワープロで仕上げる。
- (2) 提出に際して論文要旨（400字以内）を添付する。
- (3) 応募論文は返却しない。
- (4) 入選論文の著作権は、当協会に帰属する。

●応募資格

資格は問わない

●賞金

入選1席………賞金30万円 1編
入選2席………賞金10万円 2編
佳作………賞金5万円 4編

●締切り

平成12年1月31日（月）必着

●発表

アスファルト誌第204号（平成12年7月）にて
発表

●選考委員

委員長

多田 宏行 (財)道路保全技術センター理事長

委員

阿部 順政	日本大学理工学部土木工学科教授
飯島 尚	積水樹脂(株)常務取締役
河野 宏	日新舗道建設(株)会長
千葉 博敏	グリーンコンサルタント(株) 取締役社長
南雲 貞夫	(株)ガイアートクマガイ 常務取締役
長谷川 宏	日石三菱(株)技術開発部 燃料技術グループ参事
真柴 和昌	パシフィック石油商事(株) 代表取締役会長
菊川 滋	建設省道路局企画課 道路経済調査室長

●送り先

〒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

社団法人 日本アスファルト協会

TEL 03-3502-3956

FAX 03-3502-3376

論文記載要領

1. 仕上がりイメージ・形式

1 頁目

FWDによる舗装のたわみ測定システムの開発に関する研究

Development of a Pavement Deflection Measurements System
using the Falling Weight Deflectometer

表題

北海太郎 Taro HOKKAI *

北陸次郎 Jiro HOKURIKU **

東海三郎 Saburo TOKAI ***

東南四郎 Siro TOUNAN ****

執筆者

* アスファルト大学助教授 工博 工学部土木工学科
(〒△△△ ○○市○○区○○町○-○-○)

** 歴青科学大学教授 工博 建設系
(〒△△△ ○○市○○区○○町○-○-○)

*** 歴史道路(株) 工事本部部長
(〒△△△ ○○市○○区○○町○-○-○)

**** 土瀬工業(株) 電気部
(〒△△△ ○○市○○区○○町○-○-○)

論文要旨

本論文は、複重錘型のFWD (Falling Weight Deflectometer) を用いた、舗装の新しいたわみ測定システムを開発し、その特性や、実舗装におけるたわみの測定結果に基づき…………

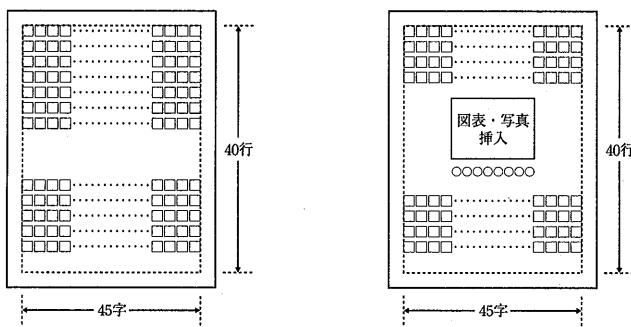
45字×9行

…………などがわかった。

キーワード

アスファルト舗装、複重錘型FWD、非破壊試験、PMS

2 頁目～



2. ワードプロセッサーによる原稿仕上げで応募する。

原稿を収録したフロッピーディスク（インプット機種名、ソフト名バージョン名メモ）およびアウトプットされた紙面と共に提出する。

平成12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。

財団法人 道路保全技術センター

1. 受験資格：次表に示す①、②、③、④のいずれかに該当する者

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	卒業後 3年以上 指導監督的実務経験年数1年以上を含むものとする	卒業後 4年6ヶ月以上	卒業後 1年以上 卒業後 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	卒業後 5年以上 指導監督的実務経験年数1年以上を含むものとする	卒業後 7年6ヶ月以上	卒業後 2年以上 卒業後 3年以上
	高等学校卒業者	—	—	卒業後 3年以上 卒業後 4年6ヶ月以上
	その他の者	—	—	卒業後 8年以上
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	指導監督的実務経験年数 1年以上 ^{注3)}	実務経験の年数は問わない	
③	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 指導監督的実務経験年数1年以上を含むものとする		
④	2級舗装施工管理技術者 資格試験合格者	合格後5年以上 ^{注4)} 指導監督的実務経験年数1年以上を含むものとする		

注1) 実務経験の必要年数とは、舗装工事に関する施工管理に従事した年数をいう。

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) 資格取得以前のものも含まれる。

注4) 平成12年度の該当者はない。

2. 試験日：1級・2級試験ともに 平成12年6月25日(日)

3. 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

4. 受験手数料：1級試験 15,000円(税込) 2級試験 10,000円(税込)

5. 申込受付期間：1級・2級試験ともに 平成12年2月18日(金)～3月3日(金)

6. 受験に必要な書類：1部 1,000円(税込)

●受験の手続き、受験申込書、実務経験証明書等、郵便振替払込用紙、申込用封筒が含まれています。

●1月19日(水)から(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および(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で頒布します。

●郵送を希望される場合は、道路保全技術センター(本部・支部)に限り受け付けます。4ページの郵送申込書(コピーしても結構です)に必要事項を記入のうえ、現金書留(代金と送料)で請求して下さい。

部数	1部	2～3部	4～5部	6～7部	8～15部	16～24部	25～30部
送料	200円	500円	800円	900円	1,200円	1,400円	1,600円

●送料には、梱包材料・手数料が含まれます。

●31部以上の場合は上記範囲内の分割となります。

●20部の場合の代金と送料の計算例 1,000円×20部(代金)+1,400円(送料)=21,400円

(例えば、40部の場合の送料は8～15部と25～30部の組合せで2,800円となります。)

※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		

T E L _____ F A X _____		
氏名または団体名		
キ リ ト リ 線		

返信用住所（当センターで発送小包に添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 别	
	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	・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） ・その他 ・試験 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 ・その他の舗装 ・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
	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・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	・再生資源の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

特集にあたって

河野 宏
日新舗道建設(株)会長

最初に勤務したのが現場最前線の出張所であつたためか、現場への思い入れが強く、現場でつくられるものの出来のよしあしが勝負、現場によりものをつくることが我々技術者の最大の使命と考えてきました。しかし、最近の舗装関係の現場をみると、この考えを多少修正する必要があるようを感じています。「建設の時代」から「管理の時代」へと言われるようになったのは大分以前のことですが、事実、新設道路の舗装工事はずいぶん少なくなっています。工事の大部分は、維持修繕工事であったり、歩道の増設工事であったりします。そしてこれらの工事では、工事中、道路の利用者に多大の不便をかける可能性があります。車道では、事故を防止し、渋滞を出来るだけ起こさないようにする必要があります。歩道では、歩行者が危険な目に会わぬよう、難渋しないようにしなければなりません。また道路が既に供用されている以上は、その道路は周辺住民の生活の場となっていますので、工事と人々の生活との調整も必要です。利用者や周辺の人々に多大の不便をかける可能性のある工事では、よいものをつくるという結果も大切ですが、つくる過程で出来るだけ不利益を生じさせないことも大事ではないでしょうか？ よいものをつくるのも技術なら、不利益を最小にするのも技術であり、前者を「結果の技術」と呼ぶなら、後者は「過程の技術」であり、両者は同等に大切な技術ではないかと考えました。しかし、この考えを更に推し進めますと、結果も大切、過程も大切だが、結果が過程から生まれるのだから、過程が結果を決定するとも考えられ、経過の方がより大切ともなります。(上の舗装工事の例でいえば、工事中関係者に過大な不便を強いるような工事からは良いものは生まれないと

うことになります。)

今月号の特集は「諸先輩に学ぶ」で、舗装技術の発展に多大な貢献をされてきた諸先輩に、過去を振り返っていただきつつ日頃考えておられることをご執筆いただくものです。

貢献を結果とするならば、結果については、ご本人よりも第三者の方がよく見え正確に知っているのかもしれません。しかし、結果を生み出した過程は、第三者には分かりにくいところです。特に心理状況のような内面的なことは、ご本人以外には分からないことですし、書けないことではないでしょうか？ 今回、そのあたりのことも書いて頂ければ、そこには貢献に至るキーも隠されていることでしょうし、我々にとって、大変興味深くまた有意義なものとなることが期待されます。

この特集のもう1つの期待は、舗装界に現在でも貢献されている方々に執筆をお願いした点にあります。我々が過去に興味をもつるのは、過去が単なる過去のことではなく、未来を示唆する何ものかをもっているからです。「未来は過去からやって来る」とか「振り向けば未来」とかよく言われるもの、過去が常に未来を暗示するなにものかをもっていることによるのでしょう。ご執筆いただくのは、現在でも舗装界でご活躍の方々であり、現状の認識、将来への洞察に長けた方々ですので、当然、示唆に富んだ将来へのメッセージが含まれることと思います。

この特集が、2000年の年頭を飾るに相応しく、読者の皆様にとって有意義で示唆に富むものであることを確信し、ご一読給わりますようお願い申し上げます。

舗装の表面性状について

市 原 薫

(財)土木研究センター顧問

舗装の表面性状については思わぬ昔より研究されている。その内筆者が主として関係したものについて以下に述べる。

1. すべりについて

1.1 すべり一般

物体間の摩擦の問題については非常に古くレオナルドダビンチの時代から研究されている。しかし道路の路面の摩擦については道路交通が発達してから開始され、1920年頃（大正末期）米国アイオワ州立大学およびフランスの道路橋梁研究所ではじめられた。次いで英國道路研究所、ドイツの大学、オランダの道路研究所などで実施された。その後国際道路会議（PIARC）の中に路面性状委員会が設けられ各国連絡をとり合って研究を進展している。我が国では1937年（昭和12年）内務省土木試験所の島田八郎技師が研究成果を発表している。その後昭和32年に建設省の提案により横すべり試験を開始した。さらに建設省土木研究所、地建の各技術事務所、日本道路公団試験所、北海道開発土木研究所、北海道大学、日本自動車研究所およびタイヤメーカーで熱心にすべりの問題に取り組んでいる。その結果現在すべりの要因とその対策についてはほぼ解明されたが、本来路面のすべりは複雑な要因が重なっており、舗装とタイヤの進歩と共に変遷すべき性格のものであり今後も研究の継続が望まれる。

1.2 ハイドロプレーニング

すべりの大きい要因の一つにハイドロプレーニングがある。高速走行時のハイドロプレーニングの問題は米国NASA（航空宇宙局）で滑走路の問題として1960年頃提起された。我が国でも名神高速道路の完成後大きい問題として取り上げられた。ハイドロプレーニングは走行速度、水膜厚さ、トレッドパターンに微妙に影響されるので定量的な把握はなかなか困難であるが大体には把握されるようになり水膜厚さ5mm以上で速度80km/h以上の場合が問題のようである。対策としては粗い路面と排水であり、グルービングが有効である。

滑走路では専らカッターによるグルービングであるが、道路ではその外にフレッシュグルービング、タイングルービングなどが開発利用されている。

1.3 雪氷上のすべり

路面のすべり摩擦係数が特に小さくなるのは雪氷面上であり戦後除雪が開始されてからこの問題がとりあげられた。市内街路の除雪は一部昭和25年頃より開始されたが、郊外部の道路の除雪が始まったのは昭和27-30年頃よりである。初期の雪氷対策は路面塗雪方式でありスノータイヤとタイヤチェーンですべりに対応していた。その後除雪頻度が多くなると氷盤またはベアーラ路面となり昭和40年以降スパイクタイヤが使用されるようになった。さらに薬剤散布、消融雪施設が発達し、一方環境対策としてスパイクタイヤの使用が禁止（平成3年）され、現在のスタッドレスタイヤが開発され使用されている。雪氷路面のすべりは制動性として走行の安全性に關係するのみでなく、自動車の発進、曲線走行にも大いに影響するので、道路の縦断勾配、曲線部の片勾配の決定の要因ともなる。雪氷道路上の摩擦係数が0.25-0.3以上あればまあ問題は少ないが、時としてすべりやすい路面の摩擦係数が0.15-0.1程度に低下することもある。この対策を道路側（道路構造、維持管理）とタイヤ側（高性能のスタッドレスタイヤ、または磨耗の少ないタイヤチェーン）でどう対応するかが現在の研究課題であろう。

2. 路面の凹凸について

2.1 路面の凹凸一般

路面の凹凸については1900年頃アイルランドのJ.Brownがバイアグラフを作つて路面の平坦性を測定した。その後各国で所謂路面のプロファイルを測定する装置が開発された。その後米国のAASHO道路試験で開発されたプロフィルメータの測定値は舗装の供用性のインデックスの一つとして使用され今日に至っている。さらに路面のラフネスの測定も行われるようになった。我が国では土木研究所の牧彦七氏、牧野氏等

が大正末期に研究を開始している。

2.2 路面の凹凸と乗心地

路面の凹凸の測定法にはいろいろある。土木研究所の舗装研究室を中心に建設省では3m定規によって測定しそのバラツキによって評価している。一方日本道路公団では高速走行の関係から8車輪8m長のプロファイルメータで測定し、PrI（プロファイルインデックス）およびTCR（トータルキュムレチイブランフェス）として整理している。一方道路研究室では大正末期に牧野氏等が開発した乗用車のフロントアクセルの振動測定の変形として1つの測定輪を一定速度で牽引してその変異量をRI（ラフネスインデックス）として整理している。自動車に乗って感じる振動には上下方向、前後方向、左右方向、ピッキング、ローリング、ヨーイングがある。しかし主要な振動は上下動であり、これが路面の凹凸に対応するものである。この振動と乗心地の相関については1930年頃より開始され1948年Janewayが基準値を発表している。その後も各種の乗心地係数が発表されたが最近ISOの基準が発表され広く利用されている。先に測定された路面凹凸の値と乗心地係数の相関は車両を媒介するので実験的に定めるよりないが各種の報告がなされている。

2.3 路面の粗さ

一般に路面の微少凹凸を粗さという。粗さの測定方法には顕微鏡による立体視の方法があるがなかなか面倒である。これを簡易化したマイクログラフ、ダイヤルゲージ方法、カーボン紙方法、切断面拡大視法等がある。最も簡易に実用化されているのは砂拡大法であり、英国道路研究所式の円形拡大法と土木研究所式の箱型粗さ計がある。さらに透水性測定法、表面水流測定法もある。最近レーザー光による測定法が開発され大いに利用されるようになった。表面粗さが関係するのはすべり摩擦だけではなく、走行騒音、道路照明の効果にも関係するので重要な問題である。

2.4 路面の凹凸と舗装の供用性

AASHOで路面凹凸と舗装の供用性の関係を明確にしたが、我が国でもこの関係の研究開発がされ現在もMCIとして実用されている。この中には縦断凹凸の外に横断凹凸、わだち掘れ、クラック状況も測定利用している。これについては舗装関係の方が詳しくふれて

いただいていると思う。

3. その他

3.1 燃費

路面状況によって自動車走行の燃費が異なるので燃費についても古来研究されてきた。もちろん燃費の要因はころがり抵抗であり、砂利道を舗装した場合の差（便益）は大きいので舗装の便益計算に測定された。しかし同じ舗装の改良ではそれ程有意な差はないので最近この方面的研究はあまりされなくなった。雪氷路面でもそれ程大きい差はないようであり、最近のポーラスアスファルト、排水性舗装等でもそれ程差はないと思われるが、多孔質弾性舗装ともなるとどうであろうか。今後の研究を待ちたい。

3.2 路面の種類と見え方

路面の種類は光の反射に關係するので夜間の見え方に大きく影響する。同じ照度でもアスファルト舗装とセメントコンクリート舗装では輝度で約40%の差がある。平滑な路面が濡れると夜間黒く光って何も見えないことがある。特にマーキング対策として厚いマーキングとか指向性反射材料を混入したものが使われるようになった。ゼブラ模様による速度抑制、カラー舗装、ガラス混入舗装等による注意喚起等にも使用されている。

3.3 表面性状と騒音

初期の時代には表面が粗な程走行騒音は大きいと考えられていたが最近多孔質舗装で吸音させる研究が大いに成果をあげている。今後更なる発展を期待したい。

3.4 その他

以上の外最近では景観を目的としたカラー舗装とか、酸化チタンを混入したNO_x除去舗装等も出現している。歩道については歩行者に優しい舗装として歩行性を重視した表面性状を持つ舗装が開発されている。

4. 今後の方向

舗装の表面性状は地味ではあるが走行の安全性と環境の快適性から見ると非常に大切である。これらの調査研究は一度中断すると下らぬ失敗を生じ、分り切った問題から再出発することになるので、今後も研究を中断させることなく、少しでもよいから何処かで継続して研究されて行くことを希望したい。

コンクリート舗装に関する隨想的回顧

岩間 滋

(株)道路計画代表取締役社長

設計法

我が国の道路用コンクリート舗装の設計法は型録法である。解析的設計法は、型録法をサポートするものである（強調すれば、“あるにすぎない”）。

コンクリート版厚30cm

コンクリート版厚最大25cmを一挙に30cmに引き上げたのは、昭和47年改訂の舗装要綱においてである。昭和40年～43年に建設された版厚25cmの大宮バイパスの上り線が、供用わずか2年にひび割れだらけとなり、上り線と下り線の交通荷重を調べて解析的設計法（昭和39年岩間提案によるが、以下土木研究所法と呼ぶ）で分析したところ、上下線それぞれを十分に説明できることを明らかにした福田正氏（当時調査係長、現東北大名誉教授）の労作が版厚30cm採用の最も強い動機になったと記憶している。

とはいっても、菊池三男氏（当時セメコン小委員長）に“本当に良いのかね”と尋ねられたとき、自信満々ではなく、“日本は過積載を取締れない以上、仕がない”としか答えられなかつた。

現在、ヨーロッパ先進国の大半がようやく25～28cmに達するに至る一方で、他方では過積載の取締りには警察庁が法改正までして、一時本気に取り組んだにもかかわらず、永続しなかった事実があるに及んで、少しばかり胸をなでおろしている。

しかしながら、冷静に考えると、ベースコース強化型（版厚は薄い）の型録を加えないままに放置した責任の一端は負わなくてはならないと思っている。

型録法は妥当か

現在の型録法で設計したコンクリート舗装の供用成績を調べた一番新しいレポートは、中村俊行、久保和幸、小森谷一憲三氏による“普通コンクリート舗装のひび割れ調査結果”（舗装 平成7年9月）であろう。

同レポートはB交通の版厚25cmとC交通の版厚28cmの破損確率はおおむね20%（ひび割れ度10cm/m²を基

準として、それ以上の版数の割合が20%）、D交通の版厚30cmはさらに安全側らしいとだけまとめ、設計法の妥当性は特に論じていない。

ひび割れ度10cm/m²は横ダミー目地間隔10cmのコンクリート版に1本の横断ひび割れが発生した状態をいいっている。しかしに、5枚に1枚の版にひび割れ1本が入った状態が極限状態（オーバーレイ等の大修繕を要する状態）であるとは思えない。

さらに、昭和47年改訂要綱で建設されたコンクリート舗装は20年以上供用したものの方が20年未満でオーバーレイされたものよりも多い（と思われる）ことを考えあわせると、現行型録法は耐久性に関する限りいくぶん安全側であったと考えて良いのではないか。

もし、それが共通の認識になるとすれば、型録の見直しが必要になるが、見直しの方向が版厚の減少になるのか、それとも削りしろとして現在案のままとするのか、さらには設計期間20年を25年（場合によっては30年）に置き換えることによって現在案のまとまるかについては、あらためて検討していただきたいし、そのためには2000年早々の供用成績調査が大いに役立つと考える。

仮にそのような見直しは一切やらないと決心したとしても、現行の型録法には改善の余地が残されている。

少なくともその一つは、上記、路盤強化型（たとえば、1軸圧縮強度50～80kgf/cm²クラスのセメント安定処理）の型録追加である。

その二は、連続鉄筋コンクリート舗装および／またはコンポジット舗装の型録の追加である。

その三是、トンネル内コンクリート舗装の型録の追加である（ただし、トンネル内は温度応力が小さい反面、一旦破損すると修繕しにくいことも考えて決める必要がある。）。

その四是横断構造物やマンホール付近の設計記述の修正ないし強化である。実際の破損は、こういったところに集中していることを考えると、これが最も重要なかもしれない。

解析的設計法

輪荷重応力は、スプリング路盤を仮定した土研公式よりも多層構造理論（福田正教授）による方がより妥当であると考えるが、実証作業が不十分な気がする。どなたか元気のある方はいないでしょうか。

あるいは、さらに1歩を進めてF.E.Mも考えられるであろう。

以上の三つはいずれも弾性論である。しかし、コンクリート舗装の破損に及ぼす路盤の役割を考えると、路盤が永年にわたって変形しないとか、路盤材料が風化しにくいとか、細粒分が洗い流されないとか、含水量が高くなってしまって支持力が低下しないといった物理的性状の方が大切で、K値とか弾性定数といった建設時の力学的性質だけでは説明できないものである。そのように弾性論の限界を認識することが大切であるが、だからといってアスファルト舗装に比べて、はるかに弾性体に近いコンクリート舗装では、弾性論はやはり重要である。

そうだとすると、タンデム軸荷重応力が一つの問題だし、それよりもさらに重要なのは、弾性論に使われるインプット、K値やコンクリートの曲げ強度等は、それぞればらついていることである。

この二つをとりこむことができたら、解析的設計法はさらに格好の良いものとなる。しかし、その結果は根本的改善にはならないかもしれない。

ひるがえって、土木研究所法に戻ると、現行型録法のバックデータを用意しただけに安全側だったということになる。その原因は主として、温度応力の過大推計と疲労曲線の安全側設定にあるのではないかと思っている。コンクリート版の温度応力はそり拘束応力と内部応力と端部拘束応力の三つからなるが、土研法は前二者だけを考慮して、端拘束応力を無視している。しかるに、端部拘束応力は一般に圧縮応力であるので、合成（引張）応力を軽減する方向に働くからである。

土研法にはこの他改善すべき点が多くあり、歴代の舗装研究室長様方に改正をお願いしてきたが、35年間修正されないまま現在に至っている。

注) 温度応力の設計法への取り込みは谷藤正三氏（当時道路研究室長）の御下命による。温度応力は荷重応力のように、歪（測定可能な物理量）でとらえることはできない。一次元で考えると、温

度が上昇（または下降）した時に、自由に伸縮できるなら応力が発生せず、その伸縮を拘束した時に発生するものだからである。このように、計算上でしかとらえ得ない応力を設計法にとりこめるのかどうか長く悩んだが、福岡正巳先生（当時砂防研究室長）のヒントによって、そり拘束応力が引張最大の晴天13時頃の載荷試験によるひび割れ発生荷重と、そり拘束応力が圧縮最大の早朝3～5時の載荷試験におけるそれとの差をそり拘束応力と内部応力の和でぴったり説明できることが、確認できたために、やっと自信をもって設計法をまとめることができたのである。

解析的設計法の副産物

いつの間にか、解析的設計法を信用しないような書き方になってしまったが、解析結果だけを信用してはならないといっているのであって、これが有用であることは間違いない。

ここでは、日頃見逃されがちな副産物だけまとめておく（舗装 昭和43年6月号参照）

- ・版の幅を広くすると丈夫になる。あるいは版厚を減らせる。クリティカルな版縦線応力が減るから。ただし、版幅5～6mが最大であろう。経験的に5m以下の間隔の縦目地が必要であるし、それは路盤よりむしろ路床の横断方向の不等沈下に対する対策だからである。
- ・コンクリート版は過積載車に強い。輪荷重が2倍になっても合成応力は1.4倍くらいにしかならないから。
- ・コンクリート版厚の（合成応力に対する）効き目は版厚の1.6乗くらいである。

施工（と材料）

コンクリート舗装の施工現場の見学には国内外ともに恵まれたが、良く考えてみると自分が責任者となって施工をした工事は1回もない。

スタッフ的ではあっても大成ロテックのコンクリート舗装のすべてに参画された養王子栄一氏や、供用中の舗装を見ることにかけては人後に落ちない松野三郎氏には到底敵わない。

そんな次第で耳学問、目学問で書くことをお許し願

いたい。

ボックス型スプレッダ

東名最初の蒲原トンネルのコンクリート舗装の平坦性が名神より改善されなかったら、コンクリート舗装を東名のトンネルでは採用しないと片平信貴氏からいわれたのにプロファイルインデックス80を切ることができず、涙を飲んだのは、今の方々には想像できるであろうか？

念願のボックス型スプレッダ導入したのは西湘バイパス（昭和45年）の大成ロテックだったと思う。これによつて8m定規によるPrIは一挙に0～10になった。

スリップフォームペーバ

1車線用のスリップフォームペーバを導入したのは、昭和43年であったか。新大宮バイパスに始まる6バイパス工事で延べ60kmのコンクリート舗装を建設省によるペーバの購入と請負業者への貸与という当時の工夫でつくったが、その後やめてしまったので、先進国はおろか開発途上国にすら劣る状態になっている。ダウエルバー類や鉄鋼類がペーバの使用を妨げたと言われているが、最大の理由は大規模工事の消滅だったような気がする。

地方業者の育成をめざすポリシーのもとでは、工事規模の拡大くらいいうは易く、行うは難しいことがようやく分かってきたが、今後は別の形でペーバが発展することを期待している。公共事業の見直しの一貫で性能保証あるいは品質保証の流れが生まれているので、工法指定は次第にすたれる可能性があるからである。

CRCPの施工と材料

CRCP（連続鉄筋コンクリート舗装）は、どちらかといえば試験的に細々ながら継続して施工されてきたが、次第にその地位を高め始めているような気がする。

CRCPで最も非近代的なものは、鉄筋の組み立てである。

ロボット化に関して世界に冠たる日本が、鉄筋の機械組み立てができないはずがないと主張しているが、これに本気に取り組んだ業者はまだ出現していない。

鉄筋の防錆を松野三郎氏は強く主張しておられる（米国では採用している）。同様に筆者が確信を持って

いるのは、CRCPの夏季施工の回避と、横筋の効用である。

ひびわれ

日本人はひびわれアレルギーにかかっているなどと冷やかしたことが多かったが、自分が責任者となってコンクリート舗装を施工することになったとすれば、やはりひびわれ対策に苦心するのではないか。

暑中コンクリートや風などの対策を初心にかえって忠実に実行するのはやはり大変だと考える。

膨張セメントまではいかなくても、PIARC（国際道路会議）の仲間に誇りを持って紹介した日本の舗装用セメントの復活を願うものである。

維持修繕再び極限状態

“今日の一針は明日の十針”に、その本質を言い尽くされている維持作業は、鉄筋コンクリート舗装では、第1に目地のメンテナンスであり、次がひびわれのシールであろう。それらの作業は春秋に適すると教科書に書かれているので、それを忠実に実行してもらいたい。それが大変だとなれば、ドイツのように注入目地材をあきらめて、成形目地材へと進むかもしれない。

コンクリート舗装の修繕は、アスファルトコンクリートによるオーバーレイが主流を占めてきたことは事実であろうが、そのタイミングを総合評価指標によって決めてきたとは筆者の誤解かもしれない。

これからは、総合評価ではなく、個々の損傷の評価に基づいて、それぞれに適切な修繕工法を選ばなければならなくなるのではないか。

鉄網コンクリート舗装についていえば、ひびわれ度、目地段差等にそれぞれ補修基準が設けられているので、初心にかえってそれぞれ修繕すればよい。もしひびわれ度は基準（20cm/m²等）に達しないのに、段差は基準（10mm等）に達するケースが増えたら、段差修正を切削でやりたくなるし、それを設計に反映させて削りしろをとるかどうかの検討を始める等々、議論を具体的に発展させたいのである。

再び設計法に戻るが、2000年初頭のコンクリート舗装の実態を具体的に、かつ統計的に把握することによって極限状態について共通の認識を得ることが先決であると考える。

時代とともに、アスファルトの歩み

牛 尾 俊 介

昭石商事株代表取締役社長

まえがき

小生、昭和38年にアスファルトに出合って以来、36年間をアスファルトと過ごしたことになる。この度アスファルト協会よりせっかくの紙面を頂いたのでアスファルトについて現在感じている点を述べて見たい。あくまで個人的な見方がほとんどである為、独断と偏見、現状に対する批判めいた表現も多々あると思いますが、お許し頂きたい。

当時、日本は高速道路の幕明けで名神高速道路の建設が始まり、道路舗装の主要な材料として、アスファルトが脚光を浴びていた時代である。運命とは皮肉なもので現在のアスファルトを取りまく環境は真に厳しく、見る影もなく暗澹たる状況である。バブルの崩壊後、日本の経済は時代の波にのみ込まれて、為す術もなく構造不況に落ち入り、我々を取りまく環境の景気回復は全く見通しの立たない状況である。従って独りアスファルト業界だけが苦汁を味わっているわけではないが、この40年間の変遷と推移を見てみると驕れるもの久しからずの感もなくはない。小職の乏しい知識と経験からアスファルトを取り巻く環境について述べて見たい。アスファルトの側からの個人的な見方なので偏重短絡との批判があると思いますが敢えてお許し頂きたい。

アスファルト主役の時代

昭和29年、第一次道路整備5ヶ年計画がスタートし、日本に於ける道路整備事業が本格化して、昭和30年代にアスファルト舗装が飛躍的に増大し、道路用アスファルトの需要も年間20万トン程度から昭和39年には100万トンを越えた。この後、昭和54年の年間460万トンに至るまで増え続けることとなる。(昭和50、51年にはオイルショックの影響で需要は若干減少した。)導火線として特記すべき事は名神高速(昭和40年)、東名高速(昭和44年)の開通で、その後十数次に及ぶ道路整備5ヶ年計画で各高速道路が次々に誕生することとなる。その間、昭和36年の本格的なアスファルト

舗装要綱の制定によりアスファルト舗装の材料、施工技術の集大成が成され、技術の進歩と共に数次の改訂が行なわれた。この時代の初期はアスファルト舗装技術全般に於てもそうであったが、アスファルト材料は一般になじみが薄く、その性質と試験法等の技術に関するものは外国文献によるものが採用され、アスファルトの取扱いは技術の視点が重要視された。例えば針入度、軟化点をはじめとするアスファルトの各種試験による品質チェックが厳しく、アスファルトメーカーは品質管理にかなりの神経を使わなければならなかつた。メーカーによるアスファルトの品質の特徴、製造方法(原油の違い)によるアスファルトの特徴等について真剣に議論がなされ、その点についてはメーカーの人間として一日の長がある我々の存在も価値があつた。極端であるが、アスファルトの違いによる舗装の出来上りの色とか表面のキメまでも議論の対象となつた。お役所、道路会社の技術関係の方々に対して生意気にもアスファルトの講義めいた解説をして回った爽快感は今だに忘れられない。年々大幅に増大する道路予算に従つてアスファルトの需要も伸び続け、製造／流通は勿論のこと、技術力の違いがそのまま販売シェアに結びつく時代であった。(昭和30~40年代)

成熟の時代

この時代は云い換えれば施工技術、機械の発達の時代と云っても良いであろう。アスファルト舗装要綱の充実に伴ない、施工技術も進歩し、アスファルト舗装のニーズも多様化して、交通条件、気象条件などの違いによる要求性能を満たす為、グースアスファルト、フォームドアスファルト、ロールドアスファルト、半たわみ舗装等の各種工法が取り入れられ、特殊な材料と機械が次々と導入されてアスファルトプラント、フイニッシャー、転圧ローラー等の機械の性能と精度が向上し、舗装の長期寿命と供用性能は別として、施工仕上がりに関しては非常に良いものが出来るようになった。その結果、使用材料の施工の難易、品質の特徴

が議論されることはほとんどなくなり、以前に工事現場で頻繁に起こった現場からのクレーム、例えばアスファルト混合物の施工が難しいとか、仕上がり密度が出にくいとかアスファルトの品質上の問題から発生するクレームはほとんど姿を消した。道路用アスファルトのメーカーによる違い、製造方法の違いによる品質のバラツキは施工機械の精度、性能の向上により差がおもてに出ることはなくなり、技術力の評価は経済性（価格）に取って換わられ、マーケットシェアの移動が経済性に大きくシフトした時代である。このことが実は大きな問題を残すこととなり道路用アスファルトの見方、考え方方が大きく変わる契機となった。後日アスファルト舗装の寿命の観点から大きな議論をまき起こすことになる。施工技術の進歩に伴ないアスファルトの違いによる耐久性、供用性に及ぼす影響を看破し、技術力にこだわった努力をアスファルトメーカーが怠った責任は大きい。折しも空前のバブル景気とともに道路予算も年々伸長し、高規格道路の新設、幹線道路の改築、維持補修がどんどん行なわれ、アスファルトの需要も大きく伸びて造れば売れる市場に浮かれてしまった。

経済規模の拡大は必然的に交通量（質量共に）の増大となりアスファルト舗装の破壊に結びつく重交通量の割合は欧米をはるかに追い越し、世界で最も過酷な交通条件を持つことになった。この時メーカーがアスファルトの品質改良に取り組んでいればアスファルト舗装の寿命の短期化は多少防げていたかも知れない。破壊現象の代表的なものはわだち掘れとクラックである。わだち掘れ現象は重交通道路に於けるアスファルト混合物の流動によるもので、夏季高温時のアスファルトの粘度に起因し、60℃粘度を高くすることによって防止する方法としてセミブローンアスファルトが開発されたが、一方クラックは冬季低温時に於てアスファルトが堅くなり粘度が極端に高くなつて伸びが小さくなり、交通量に耐えられず路面にひびわれが起こる現象でアスファルトの品質から相反する特性が要求されるもので、“セミブローンアスファルトはわだち掘れ防止に有効であるが、クラックが発生し易い”との評価を克服出来ないまま現在に至っており、その後登場するゴム入り、ポリマー入りアスファルトに道を譲ることとなる。（昭和50年代）

改質アスファルトの時代

前述の如く、アスファルトメーカーの製油所で製造される道路用アスファルト（ストレートアスファルト、セミブローンアスファルト）ではアスファルト舗装の破壊に対処するには限界があるとの判断が大勢となり、交通条件、気象条件が厳しい幹線道路に対しては改質アスファルトが採用されるようになった。

勿論道路用アスファルト総需要（平成10年度約380万トン）の95%はストレートアスファルトで一般道路（国道、都道府県道、市町村道）の新設・維持補修工事に使用されているが高規格道路、幹線一般国道等の重交通道路や環境（安全、騒音、景観など）に配慮した高機能の舗装に対応する品質を有するアスファルトが求められ、数多くの改質アスファルトが採用されている。初期には数少ない製造メーカーにより製造され、販売されていたが改質アスファルトの市場が拡大するにつれてほとんどのアスファルトメーカーと販売店が参入する所となり、需要家サイドからの個別OEM化の波は改質アスファルトの市場を品質競争から価格競争へと変えてしまった。今後危惧されることとは、ストレートアスファルトの市場で起こったと同様な価格競争による品質低下である。コストダウンによって安価な材料が出て来ることは大変いいことであるが、長所・欠点も増幅されることとなり、いわゆる万能型材料から特徴を持った使用目的型材料への移行であるから、長所・欠点、使用目的への適合性を正しく解った上で取扱わなければ失敗する可能性が大きくなる。せっかくの高機能舗装の目的が、結果的に低機能舗装にならないよう関係者は真剣に取組まなければならない。（昭和60年代以降）

アスファルトの今後

アスファルトは人類の歴史において、防水、接着の材料として古より用いられており、その面白い性質（力や変形にみごとに応じて）から250以上の巾広い用途で用いられていると言われており、多くの機能と性質を持ちながら、用途目的をはたしている。アスファルトは工学的には粘弾性物質として、力、温度、時間でアクターとしてレオロジー挙動を示し、ある応力が働いた場合、変形が永続するクリープ現象を示し、土中又は構造物でアスファルトの周囲が拘束状態にあ

る時、アスファルト及びその混合物は無限時間においてあたかも液体の如く自由自在に変形して固体の外観を示しながらかなりの巾の変位にも追随できる性質を有している。前述のわだち掘れ現象は交通のくり返し荷重によるアスファルト層のひずみが累積して大きな変形量となるものでアスファルト混合物のクリープによる変形である。軟弱地盤における支持杭の周囲にアスファルト層を設ければ地盤の沈下によって生ずる負摩擦力を吸収・軽減して杭の支持力を増大させる効果がある（スリップレイヤー工法）又橋面舗装などに用いられるアスファルトのメンブレン層は、防水効果と接着効果の他に荷重から伝達されるせん断力を低減する効果がある。剛体の間にアスファルト層をサンドイッチにする目的は、荷重の伝達を分断して緩衝体としての役目を果たしている。このようにアスファルトは本来有している他の材料では代わることの出来ない性質を有し、しかも他の材料に比し相対的に安価である優位性からも今後も貴重な材料として大きな需要に支えられて行くと思われる。

昨今環境問題が大きくクローズアップされ、リサイクル、安全性、CO₂対策等の分野からのアスファルトに対するニーズが大きく変わって来た。アスファルトは耐久性に優れ、しかもリサイクルが容易である。長所であり欠点でもあるといわれている点は加熱作業が必要で熱処理を誤れば大きな欠陥となることである。

現在、この点をカバーすべくアスファルト材料の常温化（100°C以下）の検討が進められているが、アスファルト本来の加熱作業によって得られる防水、接着の良好な機能を低下させることになり、本来の機能低下を最小限に留めて環境のニーズにマッチする材料への転換が今後のキーとなるであろう。

これまで取られて来たアスファルトの品質改良は添加剤、加塑剤、ゴムなどと調合することによってなされて来た。この方向は今後も続くものと思われるが、今後は、環境安全の面からも、多種類の物質による調合剤はなるべく避けた方が良いと思われる。アスファルト単体の精製過程に立ち返った品質改良方法を今一度探る必要があると思われるが、どうであろうか？以前と異なり製油所の分解装置が普及してアスファルトを人工的に調整して製造している現在，“アスファルトは石油製品の連産過程から出て来るカスである”との前時代的な認識を捨てて、アスファルト本来の品質と機能を生かした品質管理にもとづく製造方法に立ち戻るべき時だと思われてならない。折りから工事の発注方法も機能発注（長期供用性の保証）へ、アスファルトの品質規格も供用性能（Superpave-SHRP）へと変化しようとしている。我が国のアスファルト技術が時代の流れに取り残されることがないよう祈るばかりである。



電力会社のアスファルト研究 ～最近の私のアスファルト研究～

菅原 照雄

北海道大学名誉教授工学博士

1. まえがき

最近ほぼ時期を同じくして、北電、東電、九電の三つの電力会社でアスファルトしゃ水壁を利用した揚水発電所上池の調査計画や新規の建設計画が持ち上がった。そのうち九州電力の小丸川発電所、北海道電力の京極発電所の2地点では、平成14年ないしは平成15年にもしゃ水壁の建設が開始される予定になっている。

両地点とも全面しゃ水壁（プール型）の揚水発電の上池として計画されている。総貯水量、しゃ水壁しゃ水面積はそれぞれ小丸川620万トン、約30万m²、京極でそれぞれ412万トン、約17万m²である。このタイプの大型のものとしては建設後30年に近い電源開発の沼原調整池があり、ダム表面しゃ水壁としては数年前に完成した東京電力による八汐ダム（堤高90mで世界最高の堤高）がある。

数ヶ月に一度の割合で3社間での連絡協議の場が準備されており、現在共通試験も実施中であり、緊密な連携のもとに進められている。

2. アスファルト舗装技術とダム技術との対話

ダムの堤体の設計の要点は、堤体の安定性であり、しゃ水壁の設計は堤体の変形特に地震時のしゃ水壁の安定性や低温時に発生が予測される温度応力破壊への抵抗である。経験的な要素を含めながらもその設計は殆どが解析にもとづく力学設計であり、当然アスファルト側にも解析に利用できる形での力学物性の提供が求められる。

しゃ水壁は総厚約30cmの数層の配合の異なる混合物から構成され、おのれに異なる機能が要求される。水密性が要求されるのでかなりアスファルト量の多い混合物が用いられる。

このような観点からすれば、経験的に積み上げられてきた道路舗装技術の専門家とダム専門家の間に＜対話＞を成立させることは非常に困難で、施工的な面を除けば、従来の道路側での技術はあまり利用できず両者の対話はほとんど不可能といつてもいい。これらの

プロジェクトでの筆者の役割は、この両者の対話を成立させることである。

今回は新たな建設計画がいずれも大規模なこともあって、従来とは異なり電力側がアスファルト試験研究設備を購入し、自前の要員で試験を実施することになった。これには自前の技術者の養成に加え、各種の試験を機動的に実施したいという電力側の意志が働いている。

3. 試験研究設備

電力側は、アスファルト、アスファルト混合物の性状を全面的に力学数値で求めたいので、設備もそれに対応したものであることが要求された。

今回電力3社が導入した主要な試験設備はSHRP計画で開発された各種の機器が主体である。SHRPがアスファルト、アスファルト混合物について、力学性状に主眼をおいて開発した機器であるから当然水工用としても有力な武器となることが期待された。おおまかに言って各社の設備総額は一社あたり約一億円近くに及ぶ。恒温室や低温室、測定機器など周辺設備を含めれば相当に大規模なアスファルト試験研究室が3電力会社に誕生したことになる。3社のうち東京電力は新規地点向けの基礎的な調査研究に加え、在来建設された2つの貯水池の供用性評価、維持、改修などの研究も実施している。

アスファルトとしてはバインダー試験装置一式及びPAVを導入したが、直接引っ張り試験については、アメリカでもその利用に成功していないことから今は導入を見送った。

混合物試験機については、インダイレクトテンション試験機、ジャイレトリコンパクタを導入している。載荷装置は多目的に利用することも考慮して、各社とも容量20トンのインストロン万能試験機を購入した。九州電力は比較的温暖気候の地点に計画されているため低温領域は-15℃まで、他の2社は-30℃対応を目指して空気槽、水槽（一部電力では水槽のみ）で温度

調節が行えるように計画されている。

これらの載荷装置は幅広い載荷速度が得られるので、曲げ、圧縮、せん断等の試験にも適用すべく各種のジグも準備されている。これらは現在各電力ともフル稼働状態にある。

透水性に関しては水工用として重要な試験機で数種の透水試験機が設置されている。

設置場所は各電力の総合研究所だが、各研究所の豊富な専門家の協力を得、かつアスファルト以外の高度な研究設備が利用出来ることも大きな利点である。

試験の要員は、各電力の専門の担当者、及び傘下のコンサルタントの担当者である。

目的が明瞭なだけにコンセプトがしっかりとおり、アスファルトには未経験の要員も現在では高度な試験研究を消化している。

4. 水工アスファルトの求めれる力学性状

しゃ水壁の設計はひずみ論に根拠を持つので、力学試験の主要なものは混合物の引っ張りひずみである。SHRPのインダイレクトテンション試験ではひずみに関する測定は規定されていないが、理論解析から破壊ひずみが求められるので、それをを利用して混合物の破壊ひずみやクリープひずみの測定を行っている。これらの試験の特徴は、広い温度領域で、地震時対応の比較的ひずみ速度の大きな領域から、湛水時、温度降下時の応力発生状況の把握など比較的遅いひずみ速度領域まで幅広いひずみ速度に対応させた試験を行うことである。単に強度やひずみを求めるのみでなく変形係数、クリープコンプライアンス、ボアソン比の実測も行っている。インダイレクトテンション試験のもうひとつの特徴は試験によって得られる情報量が多いことである。

ジャイレトリコンパクタも非常に有力な武器である。インダイレクトテンション用の供試体作成に始まり、材料の締め固め特性の把握に有用である。

作成しているいろいろな供試体の密度は、小数点以下三桁目で2～3前後に収まっている。各種の試験の精度は従来道路側で行われてきたものに比べてかなり高い。

混合物の動的せん断（流動）抵抗試験はアスファルトの研究者にとって大魅力のある試験であるが、しゃ水壁では機能的にみてせん断流動抵抗性は要求項目には入らず、斜面での自重による流動程度なので、比較的簡単な斜面流動試験を行うにとどめている。

SHRP力学試験は必ずしもまだ完全にこなれた試験ではないので試験を軌道に乗せるには各社とも苦労の連続だった。とくにLVDTを使ったひずみ測定についてはSHRPに規定された方法では低温では破壊試験が困難で、ひずみ測定の方法を変えるなどのことがあった。これらの情報は既にアメリカにも還元している。その他各種の試験のためのソフトにもいくつかの追加や修正を加えて利用している。

5. 終わりに

筆者は30年あまりにわたって、国内の主要なしゃ水壁の建設のお手伝いを続けて来た関係上今回も電力3社の要請により、この3つのプロジェクトに参画させて頂くことになった。これらはアスファルトにとってかなり本質的な研究であり、私の40年近い研究と全く軌を一にするものであり、現在は最新の研究設備を利用しての研究にはまりこんだ毎日を送っている。

いま電力会社にもアスファルトの専門家が誕生し、傘下のコンサルタントにもしゃ水壁の設計や、相当に高度な試験研究の専門家が育ちはじめているのは心強いことである。

一方一部の総合建設会社でも電力側とほぼ同じような設備をもって自社内で研究を行うべく整備が進められている。これらはアスファルトの研究地図が塗り替えられつつあることを意味している。

海外における契約書、仕様書

陶山 武彦

(株)シードコンサルタント顧問

海外の契約と聞くと一つの話を思い出します。その昔、上海に外人租界があった頃のお話です。毎朝支那人が籠一杯の卵を各家庭に配達します。イギリス人の家では割れてさえいなければ全部の数を数えて決められた単価を掛けた金額を支払うので、直ぐ出てきます。日本人の家では一つ一つ卵の大きさを計り、良いものだけを選んで買うので時間が掛かります。この話を書いた人は「イギリス人（外人）は心が広く何でも受け入れるが、日本人は疑い深く心が狭い。こんな事では外人に伍して世界の中で生きてはいけない。」と結論していました。この話を読んだ時にはそんなものかと思っただけでしたが、契約と言うことを考える機会が増えるにつれて次第にそんな結論で良いのかと疑うようになりました。今考えてみるとイギリス人は外国で暮らす経験が多く、なるべく外国では問題を起こさないで（争いの種を作らないで）暮らしたいので、卵は割れていなければ全部買うことにしたのだと推定されます。その代わり卵一個当たりの単価は安く契約した筈です。日本人は海外での経験が少なかったので、良いものを基準にしたと考えられ、一個当たりの単価は相当高かったのではないかと思われます。従ってこの話は心が広い狭いの問題ではなく、単なる契約条件の差違の話であり、多くの選択可能な条件の中から相手と争いを起こさない条件を選んだことを流石イギリス人だと誉めるべきではないでしょうか。

よく日本国内の契約書の内容と海外のそれとでは異なると言われますが、その最大の理由は海外諸国に比べて日本があらゆる面で極めて安定した國であることにあります（国内では為替リスクはありませんし、発注者と長年おつき合い願う為に請負業者は争いを起こそうとしません、又通常適時に請求すれば問題なく支払って貰えるなど）。

海外の契約では技術的な規格、要求は先ずおいて、そのベースになる契約条項即ち「発注者、エンジニアの権利」から「工事の中止」、「紛争の解決」に至るまでが、事細かに規定され、常にこれら問題が何時起

こってもそれが大きくならないように整備されているのが普通です。主としてイギリスなどの国内における裁判の結果を参考に定められたと聞きます。又、発注者と請負業者は殆どの場合一生に一度の出会いであり互いに有利に事を進めるために競い合い、例えば業者はその方が有利と見れば契約している工事の工程を勝手に遅らせてペナルティを払い、その陰で他の工事で稼ぐと言うことを平気でやっています。彼らの契約というものがそのようなルールの上に成り立っているからでしょう。日本では騙した人が悪く、騙された人に同情が集まりますが、海外では騙される人が馬鹿なのです。

皆様はクオンティティ・サーベイヤ (quantity surveyor) と言う職業をご存じですか？ 第3者の立場で、工事では出来高測定、報告を、保険では対象物の数量チェックを、船積みではその出荷量を調査、報告してくれる人たちです。その昔英國の領主の一人があまり性急に多くの年貢を小作人に要求した為に（年々小麦を量る升の大きさを大きくした）、小作人が裁判所に訴えて出、その結果としてこの「第3者が量を計る」という職業が生まれたと言われます。この様にサーと言われ、尊敬されるべき領主のような人でもこの様なことを考え実行するのですから、誠に人を見たら泥棒と思えの例えの通り、契約では事細かに規定する必要があるわけです。これが日本の契約は性善説に、海外の契約は性悪説に立って出来上がっていると言われる所以でしょう。

しかし、この様な問題が起こる可能性はイギリスだけではありません。日本の中でも、さば読むという言葉があるように、昔から一つの社会の中には取引上その他の習慣になった方法があり、その習慣を守ることでその社会が平和に保たれると言うシステムが出来上がっていました。しかし、時代の変遷と共にこの様な習慣が次第に破壊されて新しい秩序が作り上げられつつあり、私にはこの25年位の間に日本の人の考え方が段々外国の契約条項や習慣に近付きつつあるように思

われます。

仕様書に関しては昨年10月に開催された第21回PIARC（WRA）クアラルンプール世界大会のC8の報告にもあるように全体の傾向はmethod spec.からend result spec.へと移行しつつあると言えますが、実際には設計するエンジニアがもっと勉強する必要があるでしょうし、施工者側にももっと色々な経験が必要でしょうから、完全に移行するまでにはまだ大分時間が掛かりそうです。

現実にはそれ以前の問題があります。特に発展途上国では第3国エンジニアが仕様書を作ることが多く、既存のものを部分的にコピーして貼り付け編集する為、例えばエンジニア用家屋の設計で、南国なので凍る筈のない水道管に凍結防止ジャケットが設計されていました、コンクリート用粗骨材の規格が同一章内にあるのである部分は砂利と規定し、ある部分では碎石と規定している様な事例がよく見受けられます。こう言うミスを防ぐためには、先ず、それぞれの國のエンジニアで設計出来るように技術者を養成することが必要で、日本には直接的な財政援助だけでなく、この様な面でも援助が求められているのではないでしょうか。

以上色々と書きましたが、実際に海外で契約を履行される場合には、大変かも知れませんが、次のような事項を実行されることが大切であると思います。

1. 先ず、落ちついて住める環境を作り上げる。

疲れて帰って来た時、安心して休める場所があることは何処に居ても必要です。適当な大きさの庭のある家を借り、良い料理人、運転手など最小限必要な使用人を雇い、自分の城を作ります。

2. 契約条項では、先ず技術的条項以外の条項をよく理解し、その条項に対して最善の対応をする。又その結果を見直して必要があればプロセスを改善する。現在なら、全ての条件をコンピュータに入力し、矛盾点を探したり、改善を実行することは容易であると思われます。

3. 契約を履行するためにはあらゆるもの（誠意、知識、知恵、人のつて、有効な贈り物、嘆願、警察への付け届け、その他何でも）を利用する。ただし、常に自分たちが外国に住み、そこで仕事をさせて貰っていることを自覚し、決して法に触れ

ることはしない。

4. 次いで、技術的事項については、常に新しい技術を追求することを忘れず、自分の技術を信頼し、堂々と問題点について発注者（エンジニア）と話し、或いは仕様書の矛盾点を指摘して、それらを改善する努力を怠らない。即ち、良い仕事をしたいと言う気持ちを忘れない。
5. 施工者側の意図を明確に示す証拠にするため、会議、打ち合わせなどの結果、設計変更したい理由、現場内での仕様書に示されていない問題点、現場におけるインスペクタの指示が仕様書に合致しない等々日々の報告、問題点を必ず文書にしてエンジニアに提出し、重要なものはC.C.を直接発注者にも送っておく。これによって自分の意図を明確にすると同時に、施工者側の権利を守る。（通常施工業者からのレターに対し、エンジニアは例え2週間以内に返事をすることが定められており、返事がない場合業者の意向は正しいと認められる可能性がある。仲裁になった場合の証拠があるなど。）

私の僅か3年半の海外での施工経験では、「読書百編意自ずから通ず」と言う言葉は文学書だけに通ずるものではない事を身に沁みて感じさせられました。そのお陰で良く条項を理解することは仕様書の矛盾の追及、工種毎の単価変更、エスカレーション条項の活用等に非常に有効で、工事の出来高を上げることと平行して、利益の確保に大きく貢献しました。

契約条項をよく理解てしまえば、お互いに合意した契約条件に従いながらどれだけ自分に有利に事を運ぶかを発注者或いはエンジニアと競い合うのは、請負業者にとってあたかも知的なゲームを工期中毎日続ける様なものです。エスカレーション条項がある場合には資材購入は何時にするのが最も利益率を上げるか、何時あの問題のクレームの手紙を書くか、どの様に相手の申し込みを断るか等々毎日が新鮮でエキサイティングです。

皆様も機会があれば是非このゲームにチャレンジして頂き、新しい世紀の世界のあちこちに地元の人々と一緒に安全・快適なアスファルト舗装道路を作り上げて頂きたいと思います。

草創期の高速道路舗装設計について

瀬 戸 薫

日本シビックコンサルタント(株)顧問

高速道路の草創期と云えば、1963年に誕生した名神高速道路（以下名神）と引き続き1969年に完成した東名高速道路（以下東名）を挙げることができる。

当時、高速道路は「我が国で初めての大規模プロジェクトであったため、先進諸外国の情報を収集し、国情に併せて適宜計画・設計に組み込み、実施し、そして評価を加えながら、更に新しい情報を取り入れ計画・実施してきた」と総括できる。

アスファルト舗装の構造設計

(1) 構造設計法について

名神の舗装設計は、当時、日本道路協会発行の道路工学草書（昭和25年）シリーズの一つである「アスファルト舗装要綱（以下要綱）」を改訂して単行冊子とする作業が進められていて、舗装構造設計法には、当時主流であったCBR設計曲線法の導入が検討されていたので、その手法を取り入れた。

東名では1962年（名神建設中）に公表されたAASHO道路試験提案の設計SN法を直接導入し、高速道路への適応性を確かめるため、全線を対象とした追跡調査計画を策定して10年間に亘る調査を実施した。

(2) 舗装構成について

舗装厚は一般にTA（質）に換算して評価するが、外的要因によっては全厚（量）も重要な要因として挙げられる。

名神では、全厚50cmで路盤40、表層10cmの構成としたが、開通後、早い時期（2～3年後）に表層破壊による路面ひび割れを発生した。調査結果によると、ひび割れは発生しているものの路面平坦性の良好なのが特徴的で、路床、路盤を含む構造破壊というよりも表層アスファルト混合物の耐荷力の不足によるものであるとの判定が下され、対応策として厚さ10、15cmのオーバーレイで構造補強を図った。

東名では、名神の反省（ひび割れ）を踏まえて上層路盤に加熱アスファルト安定処理混合物（以下アス処理）を使用して質の向上を図った。

実施舗装全厚は、路床条件によって40～55cmの範囲に亘っているが、実施例の多い標準厚は45cmである。

舗装追跡調査結果によると、全厚40cmの区間の一部に早期ひび割れの発生を見たことや、20年以上も無補修であった区間の全厚が50、55cmであったことなどの事例からすると、SN(TA)法による質のみならず、路床や交通荷重などのバランスを考え、ある程度の厚さ（量）の確保も重要であることを示唆している。

高速道路では名神の初期より路床の強度と均一性に重きを置いて土工の仕上げ面より120cm（名神）、100cm（東名以降）を路床部と位置づけて品質管理（検定にブルフローリング手法を採用）を重視してきた。

下層路盤には名神初期より材料の安定供給を考えて、地域材料をセメントなどで安定処理して活用する工法を積極的に進めてきた。この傾向は今でも引き継がれ実施例も多くなっている、また、最近では経済性や構造強化面からも注目されるようになってきた。

上層路盤には名神で粒度調整材料を使用したもの、東名以降では舗装の耐久性を向上させるためにアス処理材料を全面的に採用するようになった。

表層工は一般に基層と表層から構成され、基層は表層の基盤として一体となって挙動する、表層は気象や交通などの外的条件を直接受ける部分であるので、安全で安定した路面形成が要求される。上層路盤にアス処理材を使用した場合は、表層工を含めたアスコン層として挙動し、構造強化の役割を果たすが、機能面では、殆ど表層部分で対応するので構造、機能の両面からの評価が必要となる。

また、重交通路線などで路面わだち掘れによって修繕を余儀なくされる場合は、機能破壊であって構造破壊とは言い難い、高速道路では一般に機能回復のために補修する例が多いことから設計曲線にTAの上限値を設定しているが、表層工の品質改善によって機能破壊の延命処置を講ずるのも一つの課題である。

加熱アスファルト混合物の配合設計

(1) 配合設計法について

アスファルト混合物の特性を把握するためには、古くから色々な方法が提案・実施されてきたが、我が国では1961年（昭和36年）版の舗装要綱に「マーシャル安定度試験法（以下マーシャル試験法）」を正式に取り入れられた。高速道路でも名神の初期から高速道路試験所（京都市山科）を中心に「マーシャル試験法」について実験を積み、現在の配合設計法の基礎を築いてきた。

高速道路ではマーシャル試験標準法の他に混合物の剥離抵抗性を判定するために水浸法によるマーシャル残留安定度の基準値を設定して配合条件に加えた。

名神の舗装は表層厚10cmと薄かったので、高温・多湿な気象条件を考え、アスファルト混合物粒度は安定度が期待でき、且つ耐久性に優れたものとしてAI分類による密粒度から細粒度の範囲で設定した。なお、混合物の安定度を高めるために細骨材量の約半分をスクリーニングス（碎砂）で置換するなどの処置も講じられ、現在に至っている。

東名では名神の教訓を踏まえて上層路盤にアス処理材を採用してアスファルト層厚の増強を図ったり、表層混合物のひび割れ抵抗性を高めるよう配合上の処置を講じた。

これらの処置は、逆に高温時に安定性を損なう危険性を生ずることから、交通や気象条件に応じてマーシャル供試体の標準突き固め50回に加えて75回突き供試体を作成してマーシャル試験を行い、外力の変化に対して安定な混合物であるか否かを判定する手法を配合設計条件として設定した。

更に現場に則した配合条件を設定するために室内配合設計で得られた配合割合（粒度）や最適アスファルト量を目安として、実際に使用するプラントや施工法により試練練り、試験舗装を行い、最終的な現場配合を決定する手段を講じてきた。

これも草創期で過去のサービスストックのない時期では極めて有効な手段であった。

(2) 使用材料の変化への対応

最近、使用材料に変化が見られるようであるが、その対応は図られてきているか。

①アスファルトも草創期のものと比べると、かなり変わってきてる様に思う、その詳しい要因は専

門家でないので解らないが、工学的に見ると、加熱混合物の流動性（粘り）が異なってきていて、やたらに光沢の目立つ混合物が増えてきている。

また、プラント加熱混合時のアスファルトの熱劣化が大きい、東名建設時のデータによると、加熱混合後のアスファルト針入度の低下は、せいぜい10~20%程度であったが、最近のデータによると、50%近く低下するものもあるようである。このことは、先の混合物の光沢や粘りにも関係しているように思われる、より一層の品質改良が望まれる。

②粗骨材（碎石）も草創期には、硬質砂岩系の良質なものを多く使用してきたが、最近では全国展開に伴い岩種も多様化し、良質なものの選定も難しくなってきている。

配合設計上でも混合物の特性要因（空隙、飽和度など）の真値を求める手法（骨材比重の選定など）に、より一層の工夫が望まれる。

③細骨材草創期には、殆ど100%川砂を使用していたが、新規道では川砂の他に海砂、陸砂、洗い砂など種類や品質も多様化してきている。

これまで細骨材は川砂を主としていたため、特に品質規定を設ける必要はなかったが、多様化した今では、品質規定（特に吸水率）の必要性を感じる事例に出会うことがある。

舗装ストックの活用

草創期の舗装で苦労したのは、国内に於ける実施例（ストック）がなかったことである、始めて遭遇する異常現象を究明する場合でも、ストック不足から傾向を推測することが難しかった。当時、建設省土木研究所では一般国道などの豊富なストックを駆使してマクロ的に傾向を掴んでいくのが実に羨ましかった。

今や高速道路も6,400km余の開通延長を有し、既に30年以上経過したストックが全延長の10%を占め、20年以上で40%，10年以上経過しているものが70%以上を占めるに至っている。

これではデータストックの不足とは言えない、これまでの諸課題を解明するために舗装構造設計などと絡めて総合評価をし、次のステップを構築する時期に来ているように思う。

現場から学ぼう

中島 清春
東瀬青建設㈱理事

昭和35年、日本道路公団発注の島原道路の舗装工事に携わった時のことである。

島原道路は雲仙岳の山麓、島原市側の登山口を起点とし雲仙の仁田峠までの標高差750m、全長約15kmの山岳観光道路である。

砂利道の現道に10~50cm厚のセレクト土を用いた不陸整正を兼ねた下層路盤上に15cm厚のソイルセメント基層、粗粒アスファルトコンクリート(6cm)、密粒アスファルトコンクリート(4cm厚)の舗装を施工する設計であった。

ソイルセメントは島原市に広く分布している雲仙岳の噴出火山灰の堆積固結した俗称島原焼土を採掘し、これにセメントを添加、プラント混合する計画であった。

ソイルセメントのミキシングプラントの製造能力が1日500t~600tとして施工面積は1,500m²~2,000m²に達する。幅員2車線6mであるので、片側施工延長は500mを超える。

こゝで難問にぶつかった。

路線は観光ルートで定期バスの他に観光バスや乗用車などの通行を確保しながら施工しなければならぬ。2車線道路で1車線確保、片側交互交通制として、1日施工延長500m、1週間養生をすれば3km以上の交通規制区間となり、とても許されるものではない。

当時の仕様書では、ソイルセメントは1週間の養生が必要とある。

これでは地方資材を活用した経済的工法が実施不可能となる。

ソイルセメントはどうしても養生が必要なのか?先輩や専門家に尋ねたら「それは君、常識だよ。」と笑われた。

一体、養生とは何なのか。と独り考え込んだ。

教科書によると「打設されたコンクリート版が、強度、耐久性等の所要の品質が得られ、交通に開放出来るようになるまで、有害な影響を受けないように保護することを養生という。」とある。

では一体、その所要の強度とは幾らなのか。

一説には曲げ強度で35kg/cm²とある。一軸圧縮強度では150kg/cm²以上であろうか。

ソイルセメントは一体その強度に1週間の養生で達するであろうか。設計圧縮強度30kg/cm²程度のソイルセメントは永遠にその強度には達しないのではなかろうか。それなら養生期間1週間というは何の意味があるのか。と疑問が湧いて来た。

その時、ふと嘗て米国に道路の視察旅行した際の或る現場の光景が脳裏に浮んだ。

確かカリフォルニア州の道路工事現場であった。クラックの入った既設のソイルセメント版を路上でプレパライザーと言うハンマーのついた車輪で叩き割り、粉碎していた。どうするのかと聞いたら、粉碎したソイルセメントを散水しながら再度転圧して基層として、再使用するのだと言う。そうすれば収縮クラックも入らないし、勿論その上のアスファルト舗装にもフレクションクラックも現れないとのことであった。

これだと閃いた。

セメントで固めた版ではなくて、セメントで処理し、乾燥しても飛散しない、水を吸っても泥化しない耐久性のある路盤材という発想。

最適含水量で締め固められた砂利道は仮令、一軸圧縮強度は0かもしれないが、十分な交通支持力はある。これなら養生は不要、午前中片側を施工、午後はその上を交通開放し、反対側を施工、1日に全巾施工で全面交通開放出来る。プラントの能力をフルに發揮して何平米でも交通に支障なく施工可能である。

発注者の道路公団に申入れたら近くの現道で試験舗装をやり、その結果を見てからと言うことになった。

近くの国道(当時2級国道251号)上で延長約100mを2工区に割り、夫々に前記の無養生、従来通りの養生のソイルセメント基層を施工、その上にアスファルト表層を一層掛けて交通に開放して経過を見ることになった。

2~3ヶ月経つと養生区間には最初に縦に施工継目

のクラックが現れ、次いで5～6mおきに横断の収縮クラックとおぼしきものが表面化して來たが、無養生即時交通開放の区間には異状が現われなかつた。

この結果を見て、公団から無養生即時交通開放のソイルセメント施工を試行するご英断が下された。

こうして島原道路15kmは無事完成した。

その後、アスファルト舗装要綱のセメント安定処理の養生の項は

「転圧後、直ちに交通開放しても差支えないが、含水比を一定に保つとともに、表面を保護する目的で必要に応じシール・コートを施すとよい。」

と記述が改められた。

アスファルト舗装要綱の巻頭に「要綱運用上の注意」というのがあり、

「この要綱はアスファルト舗装の設計、施工の標準を示すものである。要綱の適用にさいしては字句にとらわれることなくその意図するところを適確に把握することが大切であつて、内容にこだわりすぎて入手の容易な現地材料を活用することや、経済的な工法を考えだすことをおこたつたりして、不合理な設計、施工となならないよう努力しなければならない。」とある。
(昭和50年版)

この精神は版が改訂されても受け継がれて現在に至っている。

東大医学部の内科主任教授であった沖中博士が、これから学園を巣立つて行く若い医師の卵たちへのはなむけの言葉に

「教科書に書かれた医学は過去の医学であり、眼前に悩む患者の中にこそ明日の医学の教科書の中味がある。」と言われたのを聞いたことがある。

誠に至言と言わざるを得ない。

舗装要綱の前述の巻頭言の中に流れている精神も同じものと思われる。

私ども舗装技術者もこの言葉を噛みしめ、明日の舗装工学の教科書の中味を第一線の工事現場の中から探し出すように物を見、物に聞くように努力して行かねばならぬ。

最近工事に携わる技術者でも現場に出てじっくり現物を見る機会が少なくなつて來たような気がする。發

注者は勿論、所轄の警察署や労働基準監督署、職業安定署をはじめ、工事実績情報や建設副産物情報の報告等々提出書類がやたらと増え、これ等の処理に追われ、現場に立つ余裕がなくなつて來たのは肯けるが、出来るだけ現場に立つ時間を増やすように努めていただきたい。

また舗装要綱をはじめ、各種マニュアルや手引き書が刊行されて設計施工技術者にとって至れり尽くせりの技術知識や助言が容易に入手出来ることは誠に喜ばしいことであり、またこれを熟読勉強することは必要なことであるが、それを信奉する余り、聖典視し、絶対化する傾向はないだろうか。

現場に出て実際にやりながら、問題点を探し、どうしたら良いかを考えるところから新らしい技術がスタートする。そういう人達によって明日の舗装要綱の改善が進められることと思う。

嘗てコンピューターを導入する際、IBMの研修所に講習を受けに行ったことがあった。

教室の至るところに“Think”という言葉が掲示されていた。学ぶことと同時に自分で「考えよ」ということを強調していたのだと思われる。

論語にも

「学びて思はざれば即ち罔し
思いて学ばざれば即ち殆し」
という言葉がある。

徒に教科書ばかり読んで覚えたとしても、何故そうなのかとじっくり考えてみるとないと新らしい知識を開くことが出来ない。また考えるだけで先人の知識を学ばないと独断に陥る という意味と思われる。

「何故か」「どうしたらよいか」と凡てに疑問を持ち問題解決に対応することから始めて欲しい。

最後に二宮尊徳翁の和歌を紹介して若い新進の方々のはなむけとしたい。

「色もなく香もなく常に天地は
書かざる経を繰りかえすかも」

自然（現場）は新らしい知識の宝庫である。色も香りもないがそこには無限の知識が埋もれている。どうか自分で掘り起こして手に入れて欲しい。という意味である。

試験舗装に関する想い出

南雲 貞夫

(株)ガイアートクマガイ常務取締役

昭和42年に私が海外へ派遣された頃は、道路調査費の研究課題、「試験道路による試験調査」が始まっていた。土木研究所舗装研究室では、色々な試験舗装が次々に計画され、施工されていたように思います。

渡航先のイギリスも試験舗装が盛んなところで、わが国とは桁違いの数の試験舗装がすでに保有されており、それらの調査測定業務がRRLの研究室で大きなウエイトを占めていました。過去の試験舗装の成果はBSや各種マニュアル類の制定、改訂に利用されていると言われ、例えば、舗装の構造設計指針では交通量区分ごとに標準的な舗装構成と路盤工種ごとの厚さが示されていましたが、それらの厚さの根拠は我々の試験舗装の成果に基づいた独自のものであって、決して、AASHO道路試験の等値換算の思想にならったものではない、と強調していたのが印象に残っています。

土木研究所舗装研究室が直接に、あるいは間接的に関与した数ある試験舗装の中で、記憶に残るのは幕張と津奈木の試験舗装です。それらは規模が大きいだけでなく、いずれにおいても現道上の供用性に関係する現象と室内でのシミュレーション試験の結果とがかなり良い相関を示していたからです。

一般国道14号千葉市の幕張試験舗装は、アスファルト混合物の配合に関するもので、骨材、アスファルトの種類と配合量などを変えた混合物を90以上の小区間に分けて舗設したものです。大型車が500万台ほど通過した頃、塑性流動による轍ぼれが様々な大きさで発生しました。要因分析の結果はすでに関係の方々が発表されているように、塑性流動に対しては骨材粒度、アスファルト量などの影響が大きい、といったどちらかと言えば常識的なものでした。しかし、全混合物種類について室内ホイールトラッキング試験が行われており、その動的安定度と現道上のそれぞれの轍ぼれとの見事な相関図が示されたのは大きな成果でした。

ホイールトラッキング試験は、当時はまだ一部の試験研究機関で利用されているに過ぎなかったようですが、国道の交差点付近で過大な轍ぼれの発生が相次い

で報告されるようになって、アスファルト混合物の流动対策に関する課題が建設省の技術研究会で取り上げられ、そのため各地方建設局の技術事務所に同試験機が導入されたと記憶します。この導入に際し、上記相関図がおおいに役立ったのは疑いのないところです。

当初、轍ぼれだけが観測されていた同試験舗装も2年を経過した頃から、ひびわれが生じはじめ、調査業務を担当していた関東技術事務所ではアスファルト混合物の間接引っ張り強度とひびわれ量との相関などを検討していましたが、詳細については残念ながら不勉強のままにしてしまいました。

一般国道3号熊本県津奈木町の津奈木試験舗装は、アスファルト混合物の剥離に関するものです。昭和40年頃、九州地方建設局からシラスのセメント安定処理路盤を持った舗装に剥離現象に起因すると思われる顕著な破壊事例が報告され、その調査に同行させていただきました。路面には、剥離による破壊に特徴的な路側のこぶ状の隆起と滑動による横断ひびわれが生じ、表層混合物は手にしたドライバーが容易に貫入するほどに軟化しており、表面の黒い薄皮の下は水で濡れた粒状路盤材の様相を呈していました。

まもなく、アスファルト混合物の剥離問題は、流动問題と同様に上記技術研究会の課題に取り上げられ、剥離現象は九州地方だけでなく、寒冷な北海道でも観察されるなど全国的に発生していることが確認され、剥離防止対策の必要性が広く認識されたと記憶します。

剥離問題を解消するうえでの障害のひとつは、剥離現象を再現する適当な室内試験がなかったことです。イギリスの水浸ホイールトラッキング試験は以前から知られていましたが、試験条件が現道上の実態と相違する、実際の剥離状態が観察できるのか、といった懸念があって試験方法を変えてみました。できるだけ実際の条件に合わせるため、平板状のアスファルト供試体の下層にシラス路盤を想定した含水層を設け、車のニーデング作用はホイールトラッキング試験のトラバース走行としました。剥離は高温であるほどアスファ

ルトの粘度が低下して生じやすくなるので、室温は60°Cとしました。数時間という長い間にかく走行を続けた結果、幸いにも、九州の道路で見たのと同じ剥離状態を観察することができました。剥離は含水層に接した供試体の下面から発生して表面に向かって進行し、おそらく拘束の少ない中央部分で剥離の進行の度合いが大きいように見受けられました。

津奈木試験舗装で取り上げたアスファルト混合物と同一の種類について、この水浸ホイールトラッキング試験を行い、供試体断面の剥離面積率と現地の剥離進行厚または剥離程度とが良好な相関関係を示すことが判りました。この室内試験は施設が大きく、時間もかかり、決して簡易とは言えませんが、とにかく現道の剥離が再現できたと言うことが大きな特長だと認識していますので、これを足掛かりにして、より簡易な試験方法へと転換することもできる訳です。

最近に至っても、まだ剥離のシミュレーション試験は国際的に認知されたものがないというのは驚きですが、上記試験の詳細について早くから海外に向け発信しておけば何らかの貢献ができるのではなかったかと後悔しています。

舗装研究室が関係した試験舗装には、上記のほか下層、上層路盤工種に関したものなどがいくつかあって、いずれも上記同様に室内試験だけでは到底解明できないような事実関係が導き出されたと考えます。このように、舗装の研究開発を進める上で試験舗装が有力な手段であることは、SHRPが2400個所以上の試験舗装、現道舗装を観測中であることや、イギリスの試験舗装への固執ぶりからも理解できそうに思います。

試験道路の課題が始まる以前に、実現はしなかったものの、試験舗装用のバイパス道路の建設について先輩の方々がご提案し、検討された、と伺っています。確かに現道上の試験舗装は有力な手段ですが、場所の選定がむずかしい、重交通道路では供用性調査に危険が伴なう、などの問題があって、バイパス道路は舗装技術者、研究者の垂涎の的といつても良いでしょう。最近でも海外で同様なバイパス道路が建設された、との記事を目にしたように思いますし、北海道の美々試験道路はあまりにも有名です。今からでもその実現を期待したいところです。

いまさらここで申し上げるまでもなく、試験舗装の

もうひとつの問題点は、長期間にわたる観測、調査を最後までやり遂げることができるかどうかと言うことです。最近のことは別にして、過去の試験舗装は属人的で、計画、実施した人が異動すると、その試験舗装はほとんど省みられなくなるという例が少なくなかったと思います。予測される供用期間が5年、10年程度なら、それが30年、40年とされる、例えば、長寿命化舗装などに比べれば、まだ容易と言えるでしょうが、それでも、それなりのシステム造りが重要だったと、関与した自分自身の怠慢ぶりとともに反省しています。

また、現道試験舗装は同一交通条件での材料、工法の比較検討には適していても、交通条件を変える訳にはいかないため、例えば、舗装供用性への輪荷重の影響などの把握ができません。そこで計画された試験設備が現在の舗装研究室が所有する無人操縦の荷重車を備えた舗装走行試験場です。この設備により、輪荷重の制御のほか現道での観測期間を短縮できる促進試験の効果を期待しました。

しかし、人為的な荷重車の走行と新規の試験舗装の建設は当然ながら費用がかかるので、すでに供用中の道路舗装をそのまま観測の対象にしてはどうか、という考えが浮かんできます。ご承知のようにSHRPでは、特定の目的の試験舗装を新たに建設するほか、既存の道路舗装の中から、計画した構造、工種、気象などの条件を満しているものを全国から選んで観測の対象にしています。建設省がこの計画を始めた当初は、観測対象の舗装は一般国道の指定区間から選定することにしたため、構造、工種などに偏りがある、情報が限定されるきらいがあったように思います。早い時期にSHRP方式に気付くべきであったと悔やまれます。

試験舗装は、言うまでもなく官ばかりか民においても、なお研究開発の重要な手段であることに変わりはないと考えます。あらゆる機会をうかがいながら、小規模でも最小の費用で効率よく設置するための努力が当分は続けられることでしょう。

拙文の上記内容には、諸先輩方から官民の多数の舗装技術者、研究者が関与されており、主だった方々のお名前だけでも列挙すべきでしたが、あえて割愛させていただきました。ご容赦いただくとともに、過去のご尽力に対し、深く敬意を表する次第です。

舗装研究をふり返って

福田 正

宮城大学事業構想学部教授

私の研究履歴

昭和34年に東北大学を卒業して、最初の勤務地は建設省土木研究所舗装研究室であった。第2次道路整備5ヵ年計画の時代であり、当時はコンクリート舗装が全盛であって、私はコンクリート舗装の研究を担当することになった。特にプレストレストコンクリート舗装、連続鉄筋コンクリート舗装などの特殊なコンクリート舗装の開発が私に与えられた研究テーマであった。ふり返ってみると、これまでの私の研究履歴は雑多であって、必ずしもコンクリート舗装が専門とは云いきれない私自身は思っている。しかし、私のコンクリート舗装屋としてのイメージは、この土木研究所時代から現在に至るまでつきまとっているようだ。

土木研究所に5年間在職した後に、関東地方建設局に5年間勤務した。ここでは大宮国道工事事務所、千葉国道工事事務所に勤務し、舗装の実務を勉強させていただいた。特に大宮国道工事事務所では、当時は最大輪荷重が11トンというわが国でも最大の重交通の道路であった国道17号において、コンクリート舗装は施工後数年、アスファルト舗装は施工直後から、さらなる加速試験下の試験舗装のように壊れていく状態を観察する貴重な経験をした。

昭和44年に母校の東北大学工学部土木工学科に道路工学講座が新設され、その助教授として赴任した。講座担当の教授は空席だったが、兼担の教授がテンソル力学や光弾性実験が好きな先生だったことから、学位論文は「コンクリート舗装版の力学的解析とその実験力学的検証」であった。私は舗装を純力学的に研究することはあまり好きでなかったが、教職にとって必要不可欠な学位をとるためにやむを得なかった。当時はパソコンやフリーソフトなどはなかった時代なので、層構造解析プログラムなどを作成するために、連日のように大型計算機センターに通つて悪戦苦闘をしたことを見出す。

平成5年に東北大学に新しい大学院情報科学研究所が新設され、私はそちらに転出することになった。この情

報科学という新しい研究環境の中で舗装問題を取り上げなければならなかった。そこで、舗装修繕計画の数理計画的な観点から、アスファルト舗装の管理システムに関する研究を行うことにした。舗装管理システムは広範な概念をもつ分野であり、数理計画的なアプローチのみですべてが解決できるものではない。しかし、このような限定された範囲の研究であっても、舗装管理システムの研究には舗装に関するいろいろな基礎知識が必要であり、これまでの私の舗装研究を締めくくるには適した研究テーマであったように思っている。なお、私は平成10年3月に東北大学を定年退職した。

コンクリート舗装の研究について

コンクリート舗装は低迷しており、その改善のためには諸々の開発研究が行われている。しかしここでは、コンクリート舗装の破壊メカニズムの研究に関してのみコメントしておきたい。この問題に関しては、私を含め多くの研究者が挑戦してきたがよく分からぬことが多い。この問題は舗装設計の理論的な根拠であり、永遠の研究テーマであろう。

セメントコンクリート舗装要綱では、コンクリート版は荷重応力と温度応力（そり応力）による曲げ疲労で設計している。一方で、米国ポルトランドセメント協会の設計マニュアルでは、荷重応力のみによる曲げ疲労破壊と路盤のエロージョン破壊を比較して設計することになっている。この設計マニュアルでは温度応力（そり応力）は考慮していない。温度応力の影響については、本質は不明と云ってもよいのではなかろうか。

コンクリート舗装のエロージョン破壊説は、土木学会標準示方書（舗装）でも採用された。しかし、合理的な舗装設計という観点にたてば、路盤のエロージョン防止策を講じたうえでコンクリート版の疲労設計を考えるのが本筋であろう、と私は考えている。

いずれにせよ、コンクリート版の曲げ疲労現象が、コンクリート舗装設計のクリチカルな条件であるとい

うことは定説と云えるのかもしれない。しかし、曲げ疲労現象自体にもよく分からぬことが多い。既往の研究による曲げ疲労曲線を比較すると、コンクリートの曲げ疲労強度が年々強くなっているような傾向が示される。私は、土木研究所の曲げ疲労曲線（1964年）とセメント協会の曲げ疲労曲線（1986年）の両者の研究に関わったが、同じ応力比における許容繰り返し数は、後者は前者の数十倍も大きい。それでは最近のコンクリートの品質が良くなつて曲げ疲労強度が強くなったのかというと、決してそうではない。実験に使用した疲労試験機の性能と試験環境がよくなつた結果に過ぎない。コンクリートの曲げ疲労曲線はブラックボックスである、といつても過言ではない。

アスファルト舗装の研究について

アスファルト舗装研究に関する問題に限定してコメントを述べておきたい。私はこの問題も永遠の研究テーマであると考えるからである。

アスファルト舗装要綱の設計法は、舗装の厚さはCBR法、舗装各層の構成はAASHO道路試験に基づいたTA法といった2つのまったく異質の方法を組み合せたものである。それぞれの方法には力学理論または試験に基づいた理論があるが、組み合わせて作成されたこの設計法には一つの設計理論としての論理性に欠けているように思われる。

私の研究テーマである舗装管理システムでは、アスファルト舗装が交通によってどのように路面状態が変化するかということを数学モデルで表現する必要がある。これをパフォーマンスモデルと呼んでいる。米国のAASHTOモデルを使ってみたり、マルコフ遷移確率モデルを使ってみたり、いろいろなことを試みた。その中でもっとも興味ある成果があったのは、ニューラルネットワークシステムを使用した研究である。

ニューラルネットワークは人間の神経回路を模擬したコンピュータシステムであり、パターン認識などの情報処理に適しているといわれる。このコンピュータシステムでは、既往のデータ群をニューラルネットワークが学習することによって、そのデータ群がもつてゐるルールがシステム内に構築される。そして、ある条件が与えられた場合、それに対する判断がこのルールに従ってアウトプットされる。私の研究では、舗装

構造条件にTAと設計CBR、交通条件に大型車累積交通量を与えた場合、舗装の路面状態MCIが得られるようなシステムを作成した。学習データは東北地方の各地の国道で観測されたアスファルト舗装の供用履歴データ（土木研究所資料）を用いた。

アスファルト舗装のパフォーマンスは複雑多様であり、私は多分、この研究はうまくいかないだろうとあまり期待していなかった。しかし結果は上々で、実測MCIとニューラルネットワークモデルによる予測MCIとの相関はきわめて高かった。このことは、アスファルト舗装の構造条件、交通条件とその結果である路面状態の間には明確な規則性が存在し、そのモデル化が可能であることを示している。本来、舗装の設計は地域性の高い技術であり、中央で標準マニュアル化する必要はない、と私は考えている。ある地域の舗装の履歴に関するデータバンクが構築されれば、これを学習データとして、その地域に適合した舗装構造をニューラルネットワークシステムで設計することが可能になるかもしれない。

21世紀における舗装技術の課題

21世紀の舗装技術は、地球環境問題を抜きにしては考えられない。舗装材料のリサイクル、及びこのリサイクル材料を主体とした舗装構造に関する技術開発が社会的に要請されるだろう。これまでの舗装技術はバージン材料をベースにしてきた。しかし21世紀においては、リサイクル材料をベースにした舗装技術の体系化が必要である。さらに舗装のライフサイクル、すなわち、設計、材料調達、製造、施工、供用、回収、廃棄の各プロセスにおける環境負荷を低減させる技術が要請されることだろう。

石油資源の埋蔵量とその可採年数に関しては明確ではないところが多い。しかし、経済的に生産し得る量はいずれ限界がある。日本学術会議「社会・産業・エネルギー研究連絡委員会」報告書において、21世紀における世界のエネルギー情勢が展望されている。その中で、エネルギーを現状通り化石燃料に依存した場合、石油は2030年頃をピークに減産になるだろうとされている。石油を材料資源としているアスファルト舗装にとって、その抜本的対策を考えなければならないタイムリミットは、そう遠い将来のことではないはずである。

技術開発に新たな視点を…先輩達の発想に学ぶ…

蒔 田 實
ニチレキ(株)取締役副社長

建設省は国土交通省に変わり、筆者の古巣であった土木研究所も大きく形を変えようとしている。しかし、省庁再編は省庁のみの改革と言った狭い意味で捉えるべきものではなく、21世紀に向けた大きな時代の流れの中の、社会全体の大変革の一つとして見るべきものである。

とは言え、どの様に社会が変わろうとも、着実な社会資本の整備の重要性には何ら変わることはない。地震、台風などの自然災害が多く、急峻な山岳地帯を持つ狭小な国土のわが国で、人々が安全で快適な生活ができるようにするには、環境と調和した社会資本を着実に整備していくことが必要である。

昨今、一部ジャーナリストを中心にした論評から、公共投資に消極的な世論が形成されつつあるようである。このままで行くと、21世紀に暮らす子供達に重い遺産を残すことになるのではないかと懸念される。

着実な社会資本の整備の重要性を、今こそ広く社会に正しく認識してもらうこと、そのための積極的な働きかけが必要である。このような働きかけは、もとより行政が中心となってすべきことではあるが、同時に、従来とは異なる技術的な夢のある将来展望を示す技術屋の役割も重要である。特に、21世紀に向けての技術展望は、20代、30代の若い技術屋が中心になって画くべきものであり、過去にとらわれない自由な着想と若きフレッシュな発想に期待したい。

とは言え、言うは易く行いは難いことである。舗装技術の将来展望と技術開発の目標設定に関して、かつて先輩達はどの様に考えていたのであろうか。先輩達の足跡を辿ることも大いに参考になると考え、筆者なりに歴史を紐解いてみた次第である。これから時代を担う若い人々に、多少なりとも参考になれば幸いである。

1. 舗装技術黎明期の発想

そもそもわが国で舗装技術の研究開発をスタートさせた時、当時の技術者はどの様に考えていたのであろ

うか。

建設省土木研究所が、大正12年に内務省道路材料試験所として設立され、2年後の大正14年に最初の試験所報告が発刊されている。その序文に、当時の人の考え方方が明確に述べられている。その内容を簡単に紹介すると以下のようなになる。

- ① 庄司考祺著「経済問答秘録」に、道路の整備の善し悪しからその国の発展状況がわかると書かれていたように、旧幕時代においてさえ、少しでも経済に通じている者であれば、道路改良の必要性を理解し、広くそのことを世間に説いていた。
- ② にもかかわらず、封建時代の、道を険しくして國を守ると言う一般的な考え方支配されていて、このような名言もほとんど顧みられなかった。
- ③ 明治時代に入り、鉄道、船舶は非常な発展を遂げたが、一つ道路だけは、旧来のままで取り残された。幅員その他構造についての法令は定められたものの、実際には何も行われず、半世紀を無駄に過ごしてしまったことが、非常に悔やまれる。
- ④ 近年にいたり商工業の進展と自動車の普及により、わが国道路は慘憺たる状況となっている。沿道住民の保険、路上往来の危険、あるいは貨物運賃の沸貴など、国民の生活を脅威する問題が、万丈の黄塵とともに巻き上がっている。こうした迫害状態の中で道路法が制定され、國民はようやく道路改良の必要性に目覚め、今や良道、多道の叫びが天下の声となってきた。
- ⑤ 有効かつ経済的な良道の築造保存の長期計画策定は、将来の民費を軽減し、國の財源を節約するための要となる。しかし、この場合、気候風土、国情の異なる欧米のやり方を後追いし、多くの失敗を重ねた上での僅かな成功を期待する偶中主義によることは、巨額の費用と多大な日数を要し、経済的に無謀ものである。さらに、道路改築は数々の通行停止を伴わざるを得ないものであるから、こんな事をしていては國民に必要以上の負担

をかけることとなる。

- ⑥ こうした時勢の要求に基づいて、当試験所は、わが国特有の道路技術の規準を定め、道路改良の推進を図るために設立されたのである。

原文の用語を出来るだけ使いながら、その雰囲気を出せるように、意訳したつもりだが、種々文学的とも言える表現による説得力、そして迫力は、伝え切れていない。雑誌「舗装」の1984年12月号の舗装考に原文を記載しているので、是非お読み頂きたい。

それにしても、日本の舗装技術の方向に関して、わが国の社会、経済の動向を広く、しかも長期的にしっかりと捉えて、それを背景に考えていることが、印象的である。特に、沿道住民への影響を最優先にとりあげ、交通安全、物価への影響などを考慮している。現在のわが国の社会、経済の状況は、当時とは全く異なり、舗装技術に対する社会の要請、果たすべき役割も、当然異なる。しかし、技術開発に対する姿勢、発想の仕方は、今後の技術展開にも大いに参考になるものであろう。

2. 戦後の本格的な道路整備開始時の発想

第二次世界大戦後の荒廃した国土の再建は、道路の整備から始められた。国道の舗装率が17%程度で、市町村道は僅かに1%にも満たず、それも空襲で破壊された状態であったのだから、本当に惨憺たるものであった。

前節で述べたようにスタートを切った大正末期の舗装技術は、不幸にもその後わが国が戦争に明け暮れる状況となり、実質的にはさしたる進歩も遂げられぬまま、わが国の舗装技術は欧米にさらに遅れをとることとなった。すなわち、戦後、本格的な道路整備を遂行する上で、参考になる技術の蓄積はほとんど無かったといえる状況にあった。

こうしたことから、昭和25年に米国のアスファルトインスティテュートのハンドブックを原点に、道路工法叢書第六集「アスファルト舗装要綱」を発刊し、これを基準に舗装事業が推進された。勿論これは単なる翻訳とはせずに、わが国国情にかなった技術との観点からまとめられている。とは言え、わが国独自の舗装技術として実績のあるものではなかった。そこで、当時の舗装技術者は、真にわが国の技術の確立をめざし、大変な意気込みと努力の技術開発が開始された。室内の試験研究にとどまらず、現場での実工事を通じて、当時技術者の夢の実現とも言えるいろいろな試みが実施された。

こうして得られた数々の技術開発と体験の成果を基に、わが国独自の技術として、昭和36年に「アスファルト舗装要綱」がまとめられ、以後のわが国の舗装技術の発展の基礎がここに築かれた。そして、道路整備を通じて、世界でも例を見ないわが国の経済発展を支えてきたのである。

このように振り返ってみると、大正末期の舗装技術者の発想と戦後の復興期の舗装技術者の発想は、時代は大きくかけ離れてはいるものの、共通していると言うより一貫していると言えよう。

冒頭にも述べた通り、今や21世紀に向けて大変革が起ころうとしている。舗装技術としてこれから進めるべき技術開発の方向と目指すべき目標は、大正末期や戦後の復興期のそれとは大きく異なる。過去の技術の流れにとらわれず、しばし先の時代を見通し、単なる舗装と言う狭い視点からではなく、大胆により広い視野から舗装技術の果たすべき役割を考えるべきであろう。

こういった点で、先輩達の発想の仕方やその姿勢には学ぶべき点が多い。



技術の収穫

松野三朗

佐藤道路株代表取締役社長

今から35年も前のことなので、記憶もさだかでなく、当時の報文を探す手間取るだろうと覚悟して道路協会の図書室へ出かけた。意外にと言っては失礼だが、パソコンに入っていた“道路”の報文目録から、それは何の苦もなく即座に見つかった。いやはや世の中便利になったものである。

前置きはさておき、その報文は“CBR設計法批判に対する疑問”という、ことと次第がわかれれば、いささか勇ましい題名である。その5ヶ月ほど前に、当時、建設省地方道課の建設専門官をしておられた高橋国一郎さんが“アスファルト舗装の構造設計に関する一試論－CBR設計法批判－”という報文を載せられたのに対し、いくらかの反論と私論を述べたもので、今読み返して見ても“批判に対する疑問”というほどに論点がはっきりしているものでもない。これが高橋さんのお目にとまつたかどうかは分からぬが、そのころはまだ、学校を出たての若造が技術論争を仕掛けてもよいような自由な雰囲気があったことは否定できない。

さて、高橋さんの言われた要点は、

- 1) 昭和36年に出版されたアスファルト舗装要綱で設計したアスファルト舗装が壊れやすく、1, 2年で壊れるものが多くある。
- 2) その原因是要綱のCBR設計法にあり、交通量ばかりでなく、車両の重量や気象などの環境条件も考慮すべきである。

など、であった。そして、あとがきに、“筆者の意図するところは画期的な「アスファルト舗装の構造設計法」を更によりよい設計法に修正しようということにある。いうまでもなく、アスファルト舗装の構造設計法は経験的なものに属する。したがって、全国各地の舗装現場で直接舗装にたずさわっている技術者が、自ら設計した舗装を絶えず観察しデータを収集することがよりすぐれた構造設計法の確立の第一歩であることを強調したい。”と述べられている。

次いで、私がこれに対して疑問と称したものは、

- 1) 要綱完成後3年と時間が短く、ご批判いただい

ても、それではどのようにすべきかというデータがない。ただ、AASHO道路試験のデータは改訂のための有力な資料となるであろう。

2) 早期に破壊したものには、構造設計のみではなく、材料、配合や施工の不良によるものもあるのではないか。

と少々言い訳がましいものであった。さらに、高橋さんと全く同じく“試験と観察を励行し、データを蓄積すべきである。”として、そのための舗装台帳の雛形を示している。くどいようだが“アスファルト舗装の構造設計は経験的なものであって、現場での地道なデータの積み上げが問題を解決する”との点は全く同じであった。

以上のやり取りからすでに35年が過ぎた。構造設計法もAASHO道路試験のデータを用いて大幅な改善が見られた。しかし、その後の地道な経験の積み上げがあれば、現在のアスファルト舗装の構造設計の多くの問題点は解決されていてもよいはずのように思われる。舗装マネージメントシステム、PMS、の中には、データを積み重ねて、設計の改善に資するというフィードバックのサークルがあるが、果たしてこのサークルに利用できるデータは如何なっているのであろうか。現実はどうも高橋さんや私が意図したほどには明確ではないらしい。例えば重交通道路で多く見られる“わだち割れ”が構造設計と無関係であるとは思えないし、これに対して多くのデータが得られているという話も聞かない。あるいはアスファルト舗装のサドンデス（交通解放後すぐに壊れ始めるもの）が何故起こるかも明らかではない。

この間、熱心に研究された方々には敬意を表するし、私個人にも責任なしとはしない。さらにいくつかの理由のあったことも認めたい。例えば、アスファルト舗装の緊急の問題点であった、わだち掘れ、摩耗、排水性舗装、あるいは混合物のリサイクルなど、当面の問題を解決しなければならなかつたことであろう。また、アスファルト舗装を弾性体として、理論計算する方法

がここ20年の間に長足の進歩を見たが、これが、経験という泥臭いものを排除したことでも理由の一つに上げねばならないであろう。お断りしておくが理論計算がいけないというわけではない。しかし、目的と手段の混乱があったのではないか。

古くに行われたもう一つの議論を挙げておこう。これは経験が何とか長年の収穫を示しているのではないかと思われる例である。

高速道路で路床が上部路床と下部路床に分けられていて、ある程度のセレクト材で構築されることは、今や常識となっている。現在はアスファルト舗装要綱さえ、路床を構築することを薦めている。しかし、35年前の竹下春見さんを始めとするCBR派、直弟子である私も含めて、これに対して猛反対をした。ただ、先の例と違って、この論争の証拠は明確な形では残っていない。ただ、竹下さんがいろいろ書いておられる論文からみれば、路床構築という考え方は全くない。路床はあるべき姿で設計CBRを計り、その上に適した舗装を構築するのが本来の考え方である。このことは国道以下の道路では、現道あるいは、田圃の上に直接に路盤を載せ、舗装せざるを得なかったこととも関係があるので、当時の社会情勢も考慮しなければならないが。このような議論からもすでに40年近くが過ぎた。

高速道路では、災害時などで道路全体が動いた場合以外に、路床から舗装をやり換えたということは聞かない。さらに、その上の下層路盤にあたるサブベースから直したということも聞いていない。上層路盤にあたるアスファルト安定処理から上のアスファルト混合物層を全て打ち換えたという話も、特殊な補修工事以外に寡聞にして聞いていない。となれば、高速道路の舗装のメンテナンスはほとんどが表層や基層を削りオーバーレイする、いわゆる“豊の表替え”で対処されてきたことになる。それら表層や基層の耐用年数は交通量によっても異なるようであるが、古いデータによれば、超重交通路線で、6～7年、これ以下の交通量ではさらに長い年数耐えている

ここで言いたいのは、路床構築が行われた高速道路では、アスファルト安定処理層以下はほとんど25年以上手付かずであり、アスファルト舗装要綱にいう耐用年数10年を大きく超えているところが多いことである。いつまで耐えるかはまだ明確になっていないが、高速道路のアスファルト安定処理層以下は今のところ“不動産”である。つまり、しょっちゅう直したり、新しくする必要はないのである。このことはまた、表層や基層の耐用年数を増やせば、高速道路は今すぐにでも長寿命化できることをも示している。

先日、当時の路床構築派であった久野悟郎さんにお会いした時“どうもCBR派は負けたようですね”と頭を下げた。厳密に言えば路床構築を含むいろいろな舗装構造について、少なくとも経済性の面から、初期投資からメンテナンスまで、全てを合算しなければ判断できないわけである。当然、オーバーデザインではないか、という議論も出てこよう。この辺も今後のデータの積み上げが不可欠なところである。ただ、私の直感とすれば、高速道路のメンテナンスが、常にアスファルト安定処理層やサブベース層を含むようでは、膨大な金がかかることは否定できないし、これによる交通渋滞もまた大きな社会的費用を生むであろう。単純だが“舗装は長持ちして、なんぼのものでっせ”というのが、私の持論でもある。

アメリカの道路を走ると、各所にSHRPの長期供用性試験の看板が立っているのに気付かれるであろう。これが全国何千カ所かにあるという。アメリカの高速道路が建設された最盛期は1965年頃である。それから20年後、メンテナンスの危機が叫ばれ、彼らもあわててSHRP計画を始めた。アメリカもまた、まともにデータを積み上げてこなかったのである。この反省から、ここ15年ぐらいの間に各地に試験区間を設けて測定を続けている。既存の舗装のデータを集め、経験を積み上げておれば、SHRPの長期供用性試験もいらなかつたし、アメリカの道路のクライシスもなかつたろう、というのは言い過ぎであろうか。

潜在的な力

山下 弘美

(株)サントップテクノ技術顧問

道路舗装に関心を持ち始めたのは昭和29年頃からである。その頃は国道1号でも市街地以外は砂利道であった。それはある程度の整備がなされており、砂塵をあげながら時速40, 50km/hで走行した記憶がある。当時のわが国の自動車保有台数は300千台程度で貨物自動車が150千台、乗用車が80千台と少なく、国道1号でも混合交通であった。本格的な道路整備が始まったのは、第一次道路整備五箇年計画が策定された直後の昭和30年頃からであり、舗装界にも新しい動きが始まっていた。それまで官庁主導で進めてきた公共事業の請負化が始まり、舗装工事も直轄、直営工事から請負工事に移りつつあり、官民の戸惑いを伴いながら施工管理体制の転換が進められた。

施工管理体制の変換の一環として、施工の機械化、品質管理が導入されつつあったが舗装業界のアスファルト舗装工事の施工能力は、アスファルトプラントの能力は600~1000ヤード(約10t/h)のものが主体であり、アスファルトフィニッシャーは試みに輸入されたものがあったが、敷き均しは手引きで行われていた程度であった。それは当時のアスファルト工事の規模、工事量に見合うものであった。

このような状況のなかで、名神高速道路山科工区の舗装工事(昭和35年)が始まった。この工区は名神高速道路舗装工事のパイロット工区として位置付けられていた。舗装界のトップメーカーであった日本舗道(株)が請け負った。舗装業界の他の面々は固唾を呑んで工事の成り行きを眺めていた。国際入札であり、設計、仕様書にしても、請負方式にしても未経験のものであり、それらに伴う施工管理、品質管理等の方法も全く新しく、工期とその規模から大きい施工速度を要する等で、挑戦と不安の“まなざし”で眺めていた。この請負工事は官民即ち、日本道路公団、日本舗道が二人三脚で、見事にやり遂げられた。それを見た他の舗装業者から不安が消え、挑戦だけが残った。それに続く西宮、栗東間の舗装工事五工区を東亜道路、日本道路、日本舗道、高野建設、世紀建設の5社が請け負い、こ

れまた見事にやり遂げた。この工事の外国コンサルタントは、技術習得の速さ、習得した技術の改善、応用力を高く評価し、わが国の舗装技術が世界的なレベルに近い状態にある事を認めた。

この工事に参加した筆者自身、名神高速道路(以下名神と略す)の工事直前の舗装界の実態から、世界的なレベルにある工事をこれほどまでに円滑にやり遂げられるとは思っていなかった。大袈裟な表現であるが、一つの奇跡としか思えなかった。施工中にも施工管理、品質管理そして外国製の大型アスファルトプラント、アスファルトフィニッシャーの運用、操作、レーキマシンのアスファルト合材のさばき、ローラの操作などに外国のそれと異なる伝統的な何らかを感じていた。“その何らか”が、量においても、質においても未経験な工事を遂行せしめたのではないか、すなわち目に見えない潜在的な力が働いていたのではないかと現在でも思っている。その潜在的な力を何時、どのようにして身に付けたかと問い合わせられると、多くの先輩達が明治以来、欧米先進国に追いつくべく技術を導入し、日々と培う過程で沈潜した知識、経験が知らず知らずの間に当時の技術者の身に付いていたのであろうとしか言いようがない。そして、その先輩達が基盤としたものは、おそらく1600年初期から昭和30年中頃まであった砂利道の構築、維持から得た智慧であったろう。

わが国で本格的なアスファルト舗装が始まった大正初期以来の舗装技術の展開過程で二和土、三和土の様なわが国古来の技術も活用し、また国外からの導入技術を改良しながら、技術を蓄積したのであろう。この過程でわが国独自の国産技法、技術も開発され、実用化された。当時、開発された国産技術、技法のうち、一定期間活用されたのち、煙の様に風と消え去ったものも少なくない。しかしながら忘却された技術が、様相を変えて新しい技術として輸入された技術も幾つかある。やや独断のきらいがあるが、筆者が気付いている数例を挙げると、

- ・昭和初期に12tマカダムローラの後輪による路盤

のたわみ量で締め固めの良否をチェックする技法が現場的手法として用いられていた。これは名神の舗装工事で採用されたブルーフローリングに類似している技法である。

- ・平板載荷試験の原形とも思われる地耐力測定法が東京市で開発され、第8回国際道路会議（昭和12年）で“信頼すべき測定法”であるとの評価を得た。
- ・昭和30年初期にすこぶる簡便な衝撃式地耐力測定法が開発され活用された。これは、地盤上に置かれた平板上に衝撃荷重を加え、地盤の垂直方向変位を振動計によって測定しそれから地盤支持力を推定しようとするもので、その測定値をI値と称し平板載荷試験の補助手段として活用された。その測定原理はFWDと変わらない。
- ・戦後間もない頃、アスファルトを薬品よって発泡、增量させ混合効率の増大を目指した特許工法としてクリート工法、マルト工法が開発された。これらの工法はわが国に米国特許のフォームドアスファルト工法を導入する切っ掛けになり、同時にわが国に対するこの工法の特許権執行範囲を限定するのに役立った。

以上は限られた事例であるが、惜しむらくはわが国にはこれらの技法（ノウハウ）、技術を組織、機関として熟成し、蓄積する習慣がなかった。これまでには、これらの技法、技術に関わりのあったか、関心のあった技術者間に蓄積され、伝えられてきたのであろう。このままでは、技術的な潜在力があるが、普遍性のある技術あるいは理論を世界に発信するチャンスを失する恐れがあると思うのは、取り越し苦労であろうか。

わが国の過去は、欧米のやってきたことを器用に学習し、発展してきた。舗装界もその例外ではなかった。効率的に発展を続けるには常に欧米のやることに“まなざし”を向けておく必要があった。すなわち、自身の独自の技術あるいは技法を蓄積し、熟成させる“いとま”もなかったのではなかろうか。これから約10年もそれでよいのだろうか。

より豊かな国民生活を目指すためには、まだまだ道路の建設は必要である。それにもかかわらず、道路建

設に対する批判が根強い。これには種々の理由が考えられるが、究極的のところ国民が道路建設の在り方に親しみを抱かなくなつたからであろう。冒頭で挙げた砂利道がわが国の道路に300年以上もあり続けたのは、それが歩行、駕籠、馬に頼っていた交通環境に最も適した道であり、住民に親しまれていたからである。明治以前のわが国の道路は、地域社会に溶け込んだ存在であった。すなわち、道路は地域社会の住民に違和感を感じさせない存在であった。

“街道を行く”で司馬遼太郎はわが国の道路をその地域の生活、文化、歴史を色濃く反映した存在として描いている。当時の道路を取り巻く状況と今日のそれとは比べるべくもないが、少なくとも道路に対する当時の人々の感性だけは体しておきたい。

昨年11月に策定された新道路技術五箇年計画の主要課題の一つとして道路環境の改善に関する重点技術研究開発項目として、大気汚染・騒音・振動・道路環境対策技術さらに自然環境の保全・修復技術が挙げられている。これらはわが国の環境問題に関わる技術課題だけに、この技術研究開発を通じて“地域住民にも親しまれる道路”への期待が持てそうである。

昨年2月に“公共工事の品質確保等のための行動指針”が策定された。そしてその行動指針によって技術基準が性能規定に移行され、本年初頭に性能規定発注方式の舗装工事が試行された。これは舗装工事が直轄、直営工事から請負工事に移行された時と同じような舗装界にとっては重みのある変革である。執行にあたっては、官民ともある程度の戸惑いがあると思うが、この方式による舗装工事が定着することによって新しい優れた技術が生まれ、舗装界も新しい世紀にふさわしい姿に変わる切っ掛けを掴むだろう。

前記したように、どちらかというとわが舗装界には潜在した能力がありながら、それを発揮しないまま、あるいは発揮できないまま過ごしてきた。性能規定方式の導入はこの悪弊を打ち破るのを早めるだろう。一日でも早く世界基準となり得る技術を発信したいものである。二十世紀末ぎりぎりに、安部裕也氏によるDFテスターがASTMに登録されたことは、舗装界の明けの明星と言えよう。

コンクリートの硬化時に接着コーティングする ポリマー改質アスファルトに対する研究

(A study of polymer modified asphalt that can adhere to the surface of concrete during its hardening.)

神谷慎吾*・田坂茂**・稻垣訓宏***・田中謙次****

橋梁などのコンクリート構造物の防水は従来、コンクリートの硬化終了後、表面水分が10%程度になってから施工することが常識とされてきた。しかし、ある種のポリマー改質アスファルトは硬化前のコンクリートに、シート状にしたものを密着させるだけで大きな凹凸面にも完全に密着させる事が出来た。これは(1)改質アスファルト層とコンクリート界面にコンクリートの反応熱を蓄熱させることによりポリマー改質アスファルトを軟化すること。(2)コンクリートの水和反応の過程で生じる負圧により軟化したポリマー改質アスファルトがコンクリートの細かな凹凸面にも吸引されることによる。

1. 緒言

交通量の増加、地震対策等のために、近年、橋梁の改修工事等で床版の補強として増厚コンクリート等を施工し、橋梁を補強している。(上面増厚工法)¹⁾この時、増厚コンクリートで床版を補強すると共にコンクリートクラックによる雨水の浸入を防ぎ、鉄筋コンクリートの保護を目的として床版面と舗装アスファルトの間に防水・保護層を設けることが普通となっている。従来は増厚コンクリートとして超速硬コンクリートを使用して硬化終了後に防水・保護層を施工していた。しかし、改修を必要とする主要幹線道路は交通量も多く、工事の迅速な施工が課題となっている。

従来の防水層はコンクリートが硬化し、表面水分が10%程度になった時点で溶融アスファルトなどの接着剤を用いて接着されていた。しかしながら残留水分等のためにブリスタリング等が発生し接着性に問題が生じた²⁾。また、軀体となるコンクリートが未硬化の状態では防水材料を施工することは不可能であった。我々は最近、アスファルトにゴム・樹脂等の高分子ポリマーを溶融混合させたある種のポリマー改質アスファルト(以下、改質アスファルト)をシート状または加熱溶融状態で超速硬コンクリート上に施工した場合、コンクリートの硬化と同時に強い接着力を持つ材料を開発した³⁾。この様な特性の改質アスファルトを使い

防水材料を作ることにより迅速な施工が可能となる。改質アスファルトは建築、土木の防水分野で広く使われている材料でアスファルトにスチレン-ブタジエンブロック共重合体(以下SBS)等の熱可塑性エラストマー、可塑剤、樹脂等を溶融混合して作られる。SBSは7%程度の添加でアスファルト中でネットワーク構造⁴⁾をとりアスファルトの脆さ、耐熱流動性、粘弾性特性を改善する。特に耐熱流動性の改善には効果があり、同じ軟らかさ(針入度)でも改質アスファルトは流動性が非常に小さい。これらの添加する高分子ポリマーの種類、添加量により、いろいろな特性の改質アスファルトにする事が可能である^{5)~6)}。

上述の改質アスファルトは疎水性であり、多量の水を含んだコンクリートと界面で浸潤し、コンクリートと接着しているとは考え難い。そこで本研究では超速硬コンクリートと改質アスファルトの界面でどのような現象が起きているかを明らかにし、防水材となる改質アスファルトの特性について実験例を示した。また、同様な性質を示す他の高分子材料についても検討した。

2. 実験

2.1 試料

改質アスファルトはアスファルトにSBS(スチレン/ブタジエン比=31:69、添加量10%)、樹脂(テ

*かみや しんご 静岡大学大学院理工学研究科物質工学専攻

**たさか しげる 静岡大学工学部助教授工博工学部物質工学科

***いながき のりひろ 静岡大学工学部教授工博工学部物質工学科

****たなか けんじ 静岡瀝青工業(株)技術部

ルペンフェノール共重合体)を添加し、180°Cに保ち、高速攪拌機を使い溶融混合し、加熱状態のままロールで離型紙に挟み込み、厚さ1mmのシート状に成型した。また、ポリプロピレン(チッソ(株)製K7019)、改質アスファルトと同様な力学特性を持つエチレン-酢酸ビニル共重合体(以下EVA、三井・デュポンポリケミカル(株)製EV45X)、未加硫ブチルゴム、異なる配合の改質アスファルトについても180~200°Cで加熱溶融状態のままロールで厚さ1mmのシート状に成形した。

また、一連の実験に使用した超速硬コンクリート(住友大阪セメント(株)製ジェットセメント)の配合は図-1に示した。(水セメント比、41%、細骨材率58%)

すべての試験は温度23°C、湿度65%の条件下で行った。

2.2 温度測定

図-1に示すような実験装置でコンクリート内部と表面及び、コンクリートに改質アスファルトをシート状にして表面を覆った場合のシート/コンクリート界面、シート表面、コンクリート内部の硬化過程での温度をデジタル温度計(株佐藤計量器製作所製SK-1250MC)、赤外放射表面温度計(タスコジャパン(株)製THI-500)で測定し、比較した。シートは両面の離型紙を剥がして硬化前の超速硬コンクリートに密着させる。

2.3 コンクリート硬度の測定

JIS K 2207石油アスファルトの針入度試験器を用いて針の部分を $6.4\text{ mm}\phi$ の円柱に置き換える(面荷重310gf/cm²)、時間変化を測定した。

2.4 改質アスファルトの硬度測定

JIS K 2207石油アスファルトの針入度測定器(針荷重100gf)を用いて20°C、及び40°Cでの針入度の時間変化を測定した。

2.5 コンクリート硬化時の圧力変化の測定

図-2に示すような実験装置で密閉直後からの相対内部圧力の時間変化を測定した。型枠にコンクリートを流し込み(厚さ120mm)、18cm²の面に3.6cm²の空間を設定し、圧力測定器を乗せてシール等で密閉する。

2.6 改質アスファルトの粘弾性の測定

測定温度0~60°Cで粘弾性(レオメトリックスサイエンティフィック社製ARES)を測定した。

2.7 ガラス転移点(Tg)の測定

温度範囲-110~120°C、昇温速度は10.0deg/minでDSC(示差走査熱量測定・マックサイエンス製DSC3100)を使いガラス転移点(Tg)の測定をした。

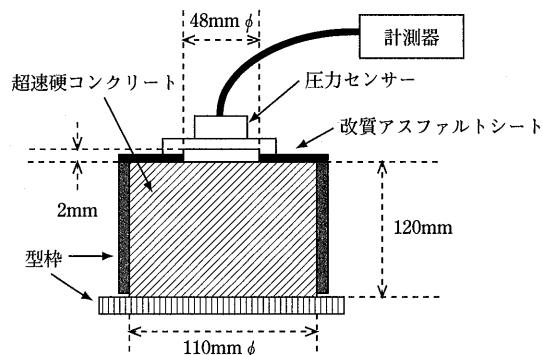


図-2 圧力変化の測定装置図
条件 温度:23°C 濕度:65%

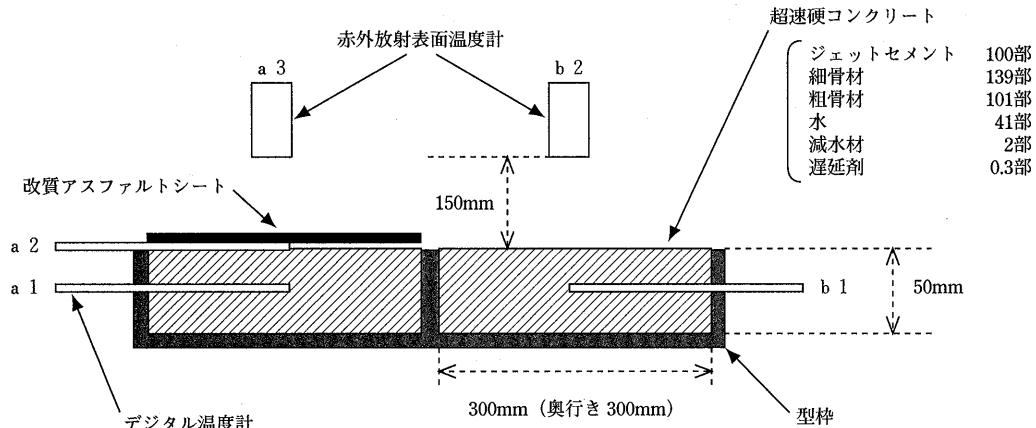


図-1 温度変化の測定装置図
条件 温度:23°C 濕度:65%

2.8 引張接着力の測定

道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料⁷⁾による引張接着力を測定した。測定温度は20°Cで行った。

3. 結果と考察

3.1 改質アスファルトシート／超速硬コンクリート

間の接着

所定の配合で超速硬コンクリートを作製し、表-1に示すサンプルをシート状にしたもの上面に密着させ、コンクリート硬化後に引張接着力を測定した。道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料による20°Cの引張接着力の規格は6Kgf/cm²以上⁹⁾であり、サンプルA～Dの接着力はこれ以上である。しかし、剥離面の状況を観察するとサンプルA以外は界面剥離（コンクリートと材料面での剥離）、または部分凝集破壊（部分的に材料が接着面に残る）を起こす。凝集破壊（材料が接着面に残る）を起こし、引張接着力の大きいサンプルAはより強力に接着しているといえる。

また、同じサンプルAでもコンクリート硬化後に熱融着せるより、硬化前に密着させた方がより強力に接着している。貼付方法により引張接着力に差があり、単純に改質アスファルトシートの接着性だけで接着しているわけではないことが解る。

サンプルAをコンクリート上面に密着させると1～2時間ほどで完全に接着する。この過程の温度変化を図-3に示す。aの系列が改質アスファルトシートをコンクリート上面に密着させたもの、bの系列がシートのないコンクリートのみである。

表面に何もない場合、コンクリートの硬化過程ではコンクリート内部温度（b1）と表面の温度（b2）はほぼ同じで温度上昇も小さい。しかし、改質アスフ

アルトシートをコンクリート表面に密着させると、コンクリート内部の温度（a1）と改質アスファルトシート表面の温度（a3）とも上昇し、さらに内部と表面に大きな温度差を生じる。改質アスファルトシートで表面を覆うことで、その遮熱性によりコンクリートの反応熱を蓄熱していることが分かる。

超速硬コンクリートは水和反応により硬化する。この反応は発熱反応である。超速硬コンクリートは普通ポルトランドセメントよりも硬化が速く、その分発熱も大きい事が知られている¹⁰⁾。改質アスファルトシートを密着させたサンプルの場合、内部温度を10°C以上上昇させることが出来る。これはコンクリート表面から水が蒸発するときに奪われる潜熱を内部に閉じこめる効果と表面からの熱伝導を抑制する効果であると考えられる。コンクリートの水和反応は反応時の温度が高いほど速く進み、硬化も速くなる。a系列のピーク

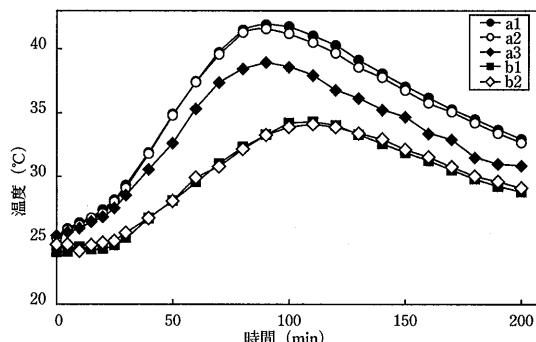


図-3 各部の温度変化の比較

- a : 改質アスファルトシート貼付サンプル
 - a 1 : コンクリート内部の温度
 - a 2 : 改質アスファルト／コンクリートの界面温度
 - a 3 : 改質アスファルト表面の温度
- b : シート無し
 - b 1 : コンクリート内部の温度
 - b 2 : コンクリート表面の温度

表-1 接着剥離力の比較

サンプル	シート貼付条件 (コンクリートの硬化条件)	引張接着力 (kgf/cm ²)	剥離状態 ⁸⁾
A : 改質アスファルト	硬化前に密着	14	防水層の凝集破壊
	硬化後にシートを加熱融着	8	防水層の部分を凝集破壊
B : 改質アスファルト	硬化前に密着	16	防水層の界面剥離
C : 改質アスファルト	硬化前に密着	8	防水層の界面剥離
D : EVA	硬化前に密着	9	防水層の部分凝集破壊
E : 未加硫ブチル	硬化前に密着	3	防水層の凝集破壊
F : ポリプロピレン	硬化前に密着	0.2	防水層の界面剥離

A : 改質アスファルト (SBS10%)

B : 改質アスファルト (SBS10% アタクチックポリプロピレン 5%)

C : 改質アスファルト (SBS20%)

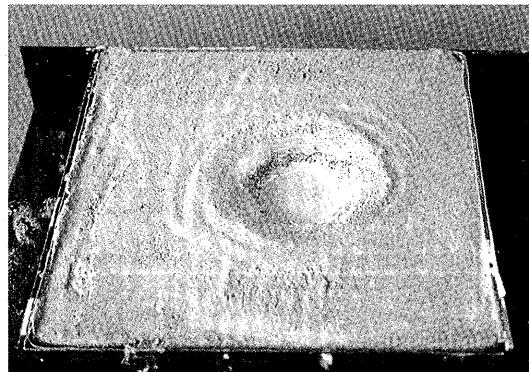
D : EVA ; エチレン-酢酸ビニル共重合体 (酢酸ビニル含有量46%)

は90分、b系列のピークは110分にあり、硬化の終息も改質アスファルトシートにより蓄熱された分速い。

したがって、コンクリート表面を改質アスファルトシートで覆うことにより、蓄熱させ、コンクリート界面温度を通常より高くすることが出来る。

3.2 改質アスファルトシート／超速硬コンクリート間の形態及び圧力変化

写真-1 の様に凹凸をつけた超速硬コンクリート表



面にサンプルAの改質アスファルトシートを密着させた。(この写真は効果をはっきりさせるために表面の凹凸を大きくしている。) 写真-2はサンプルAをコンクリートに密着させた直後である。硬化する過程で表面に密着させた改質アスファルトシートがコンクリートの凹凸面に密着して、より強固に接着した状態を写真-3に示す。改質アスファルトシートを剥がしてみると防水層の凝集破壊を起こして強力に接着している。

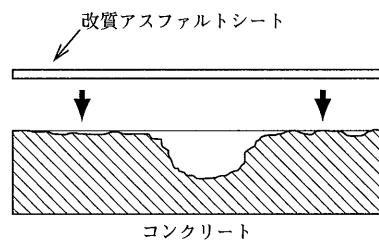


写真-1 改質アスファルトシート貼付前のコンクリート表面
(硬化を確認するために直径5cm程度の穴をあけてある。)

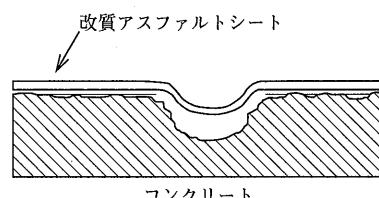
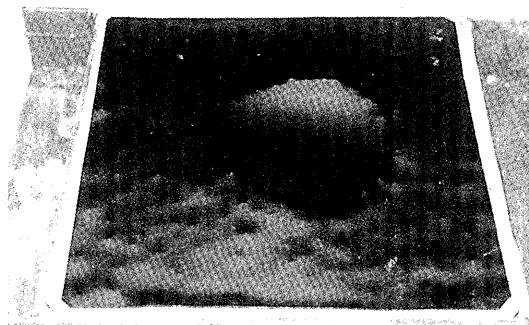


写真-2 改質アスファルトシート貼付直後の様子

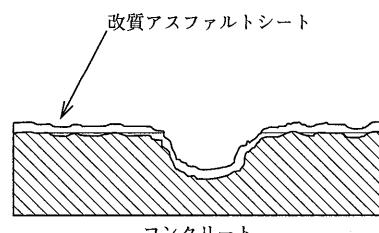
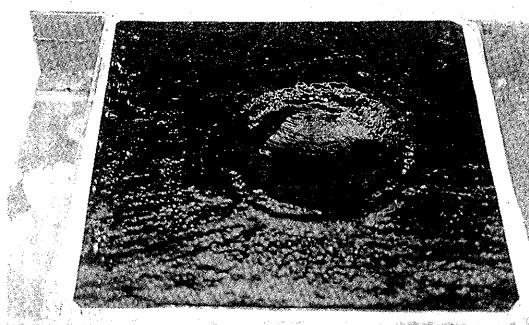


写真-3 改質アスファルトシート吸着後の様子

る。これは改質アスファルトシートが超速硬コンクリートに密着されていく過程で負圧が生じ、蓄熱により弾性の下がった改質アスファルトシートが密着されていくためであると考えられる。この過程での圧力変化を測定したのが図-4である。

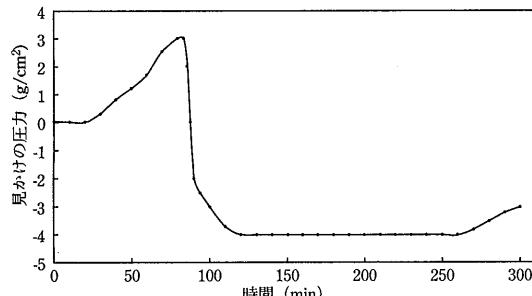


図-4 改質アスファルト／コンクリート間の圧力変化
(底面積18cm²で3.6cmの空間を作り圧力を測定)

温度の上昇と共に圧力が増し、急激に減圧していくのが分かる。圧力が最大となるのは約80分後で界面温度が最大となる90分とほぼ一致している。圧力が上がる原因としては巻き込まれた空気及びコンクリート表面の余剰水が反応熱により水蒸気となり、圧力を上げていると考えられる。次に、コンクリートの水和反応と共に急激に水蒸気を含めた水分が内部に取り込まれ減圧すると考えられる。この時、温度は40℃程度まで上がっており、この温度で粘弾性変形の大きな改質アスファルトシートは負圧によりコンクリート表面の微細な凹凸構造に密着することが分かる。この負圧はほぼ水の蒸気圧分で、約1Kg/cm²でシートを転圧することになる。通常、硬化途中のコンクリート面にシートを転圧する事は不可能な事を考えるとシートを接着させるのに有効な力が働いている。

したがって超速硬コンクリートは通常の表面からの蒸発水分を反応に使用することができ、表面をシートで覆って水分の蒸発を止めてコンクリートは十分に硬化する。これと同時に表面近くを真空状態にする。

3.3 改質アスファルトシートの必要条件

図-5に超速硬コンクリートと強力に接着するサンプルAの各温度における針入度の変化を示した。20℃は常温、40℃は図-3で示したシート／コンクリート界面の最高温度40℃を想定している。また、針入度の時間変化はその温度での改質アスファルトの変形量を表すと考えられる。20℃(a)と40℃(b)を比較した場合、40℃の変形量は大きい事が分かる。コンクリ

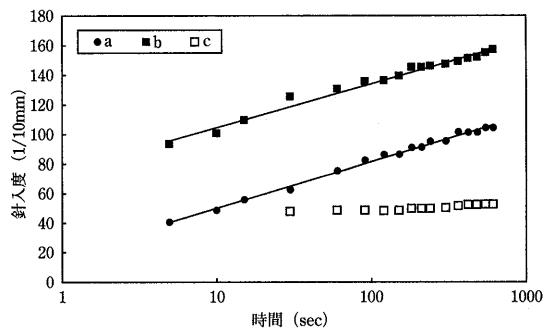


図-5 改質アスファルトとコンクリートの硬度変化

- a : 改質アスファルトの針入度 (20℃)
- b : 改質アスファルトの針入度 (40℃)
- c : コンクリートの硬度

ート硬化時の発熱により、改質アスファルトシートが40℃程度に達すると大きな変形性を有し、また、超速硬コンクリートの硬化時の負圧により凹凸面に密着していることが分かる。写真-1のような大きな凹凸面だけでなく、もっとミクロに見た場合、コンクリート表面の微細な面まで軟化した改質アスファルトが入り込みアンカー効果によりより強力に密着していることが考えられる。

また、粘弾性の測定結果を図-6に示す。サンプルCは表-1の測定結果からも分かるように引張接着力が小さく、界面剥離を起こすタイプの改質アスファルトである。サンプルCは温度変化に対して弾性率の低下が少ない。サンプルAは引張接着力も大きく材料破壊を起こす。これは温度に対する弾性率の低下が大き

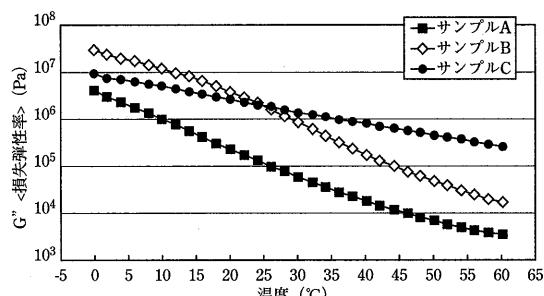


図-6 粘弾性の温度変化

- サンプルA：改質アスファルト
(ガラス転移点：-42℃ 鈑入度<40℃>：90)
- サンプルB：改質アスファルト
(ガラス転移点：-21℃ 鈑入度<40℃>：39)
- サンプルC：改質アスファルト
(ガラス転移点：-25℃ 鈑入度<40℃>：23)

く、40℃付近での粘弾性変形が大きい為と考えられる。この40℃付近での粘弾性挙動がコンクリートに対する密着には重要な要因になっている。サンプルBは中間的な性質を示し、完全に密着しないが、接着力は大きい。サンプルB、Cは弾性率が大きいのでコンクリートの微細な面への入り込みによるアンカー効果が少なく界面剥離を起こす。このような界面剥離を起こすようなものは、改質アスファルトの特性である感温性の変化により、低温時に急激に接着力が落ちることが考えられる。

表-2に改質アスファルト及び高分子材料のガラス転移点(T_g)、40℃の針入度等の測定結果を示す。

表-2 改質アスファルト及び高分子材料の性質

サンプル	針入度<40℃> (1/10mm)	軟化点 (℃)	ガラス転移点 (℃)
A：改質アスファルト	90	104	-42
B：改質アスファルト	39	111	-21
C：改質アスファルト	23	133	-25
D：EVA	45		-36
E：未加硫ブチルゴム	64	135以上	-65
F：ポリプロピレン	3		

A：改質アスファルト(SBS10%)
B：改質アスファルト(SBS10% アタクチックポリプロピレン5%)
C：改質アスファルト(SBS20%)
D：EVA；エチレーン-酢酸ビニル共重合体(酢酸ビニル含有量46%)

表-1、2から改質アスファルト系でも針入度、軟化点等が示すように添加するポリマー量、種類により種々のタイプがあり、すべてが良好な接着性を示すとは限らない。界面剥離を起こすタイプの改質アスファルト(サンプルB)は針入度が示すように硬いものである。そのため、引張接着力は大きくなるがコンクリートへの密着が起き難くなる。より針入度の小さい改質アスファルト(サンプルC)は界面で剥離し、引張接着力も小さくなっている。改質アスファルトの場合、引張接着力とコンクリートへの接着状態は40℃の針入度で90前後(サンプルA)が引張接着力と接着状態のバランスがとれている。常温ではある程度硬くても、コンクリートの硬化時の反応熱を蓄熱させて40℃程度でコンクリート表面の凹凸に密着するのに十分な変形性を持った材料がより強く接着するといえる。しかし、軟化点が100℃以上ある事からも分かるように40℃で流動したり、ブリージングを起こす性質のものではない。これは、SBSによる改質効果によるものである。

したがって、超速硬コンクリートの硬化後に強力に接着する改質アスファルトの必要条件は①コンクリー

ト表面にアンカー効果で接着するために十分な粘弾性変形が可能である事。②コンクリートとの接着性が大きい事である。

その他の高分子材料でもサンプルAと同様な性質を備えたもので有ればコンクリート硬化時に強力に接着できる。

4. 結論

超速硬コンクリート施工直後に改質アスファルトシートで覆うことで両者を強力に接着することができる。これは次の2つの作用によることが明らかになった。①改質アスファルトシートでコンクリート表面を覆うことにより反応熱を蓄熱させること。②その温度により十分な粘弾性変形を持つ改質アスファルトがコンクリート硬化時の負圧により表面の凹凸面に吸引される。

この様な現象を利用すれば、ブリスターリングの原因の一つであるシート施工時に巻き込んだ空気、硬化後のコンクリートからの水蒸気を防ぎ、安定した防水層を設計することが可能である。

また、負圧をかけるために特別に端部を密閉しなくても改質アスファルトの粘弾性変形と接着性によりシート端部はシールされ十分な接着力が得られた。このことはシートに多少の裂けやピンホールがあっても十分な接着力が得られることを示している。

5. あとがき

本報告のような現象を利用した防水層の実施工に当たっては超速硬コンクリートの打設直後にコンクリート面に乘らずに改質アスファルトシートを施工することが必要である。機械化施工も必要条件であるが、現在検討中である。

また、打設コンクリートの端部と中央部の温度差、季節、地域により温度条件に差があることが考えられる。これらについてはシートでコンクリート表面を覆うことである程度緩和され、改質アスファルトの粘弾性特性を実施工に合うようにすることで本報告と同様の結果が得られると考える。

参考文献

- 1) 橋梁研究委員会編：上面増厚工法設計施工マニュアル、高速道路調査会、1995
- 2) 多田宏行：橋面舗装の設計と施工、鹿島出版会、1996、p.23
- 3) 杉本泰一ら：防水工法及びコンクリート床版の増

- し厚工事の防水工法, 特開平8-333816, 1996
- 4) 中島滋夫ら: 「熱可塑性エラストマーによるアスファルト改質」, 日本ゴム協会誌, 第72巻, 1999, p.48
 - 5) W.P.F.Heather: "Polymer Modified Asphalt Binders", 1992, p.237
 - 6) Elio Diani, Mauro Da Via, Maria Grazia Cavaliere "ASHALT SCIENCE AND TECHNOLOGY", 1997, p.287
 - 7) 日本道路協会編: 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料, 丸善, 1987, p.91
 - 8) 日本道路協会編: 補装試験法便覧, 丸善, 1995, p.923
 - 9) 日本道路協会編: 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料, 丸善, 1987, p.13
 - 10) 日本道路公団編: 試験研究所技術資料第125号, 日本道路公団試験所, 1997, p.79

フルデブス・アスファルト舗装設計施工指針(案)

B5版 42ページ 実費頒価 800円(送料は実費)・申込先(社)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

路床の上のすべての層にアスファルト混合物を用いたフルデブス・アスファルト舗装は、昭和40年代半ばから積極的な試みとして市街地道路を中心にシックリフト工法により施工され、実施例は数十例に及んでいます。

フルデブス舗装は、舗装厚が薄く、工種が単一化されることから、工期が非常に制約される箇所等に適用して有効であるが、またアスファルト舗装の修繕に伴って発生する舗装廃材の利用方法の一つとして、フルデブス舗装の路盤への再生加熱アスファルト混合物の利用が考えられ、省資源の観点から今後普及する可能性も大きい。

本指針(案)を、フルデブス舗装の設計施工に従事する関係者必読の書としておすすめします。

目次

1. 総説	3-4 アスファルト混合物
1-1 フルデブス・アスファルト舗装の定義	4. 路床および路盤
1-2 適用範囲	4-1 概説
2. 構造の設計	4-2 路床
2-1 舗装の構造	4-3 路盤
2-2 設計の方法	5. 表層および基層
2-3 排水	6. 品質管理および検査
3. 材料	6-1 概説
3-1 概説	6-2 出来形および品質の管理
3-2 歴青材料	6-3 検査
3-3 骨材	7. 記録

舗装の材料特性が供用性に及ぼす影響に関する解析

(Analyses Relating to Pavement Material Characterizations and Their Effects
on Pavement Performance, FHWA-RD-97-085, January 1998)

新道路研究計画（SHRP）は1992年に一応終了しましたが、その中で長期供用性調査（LTPP）については継続して追跡調査が行われています。今回は、1998年に米国連邦道路庁（FHWA）が解析した結果をとりまとめて報告します。原文は、205ページであり、材料特性としてのレジリエントモデュラス、路床特性、排水条件、舗装材料の季節変動などと舗装の供用性と

の関係把握についての報告が主となります。まだ、中間の報告ですがLTPPの解析の難しさが読みとれます。

今後の我が国のLTPPの追跡も含めて材料特性と供用性との関係把握およびライフサイクルコストの検討などの参考となると思われます。

（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

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
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
小笠幸雄 大林道路株技術部
**金井利浩 鹿島道路株技術研究所
黒田 智 日本鋪道株技術研究所
*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 日本鋪道株技術開発部
佐藤雅規 世紀東急工業株技術研究所
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)バスコ道路技術センター
鈴木 徹 大林道路株技術研究所

* 鈴木俊行 ニチレキ株技術研究所
**関口英輔 日本大学理工学部阿部研究室助手
高橋光彦 大成ロテック株技術研究所
高田祥子 日本道路株技術本部技術研究所
手塚朗子 東亜道路工業株技術研究所
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
早川洋子 (株)バスコ道路技術センター
林 信也 鹿島道路株技術研究所
藤谷 篤 昭和シェル石油株中央研究所
舟根 穀 常盤工業株技術研究所
*増山幸衛 世紀東急工業株技術部技術一課
美馬孝之 日本道路株技術本部技術研究所
村田信之 日本鋪道株企画部
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
吉村啓之 前田道路株技術研究所

計36名

舗装の材料特性が供用性に及ぼす影響に関する解析

金井利浩*, 東本 崇**, 岡藤博国***

1. はじめに

新道路研究計画 (SHRP) は1987年から5年間の計画で行われ1992年に終了しているが、長期供用性調査 (LTPP) については、米国連邦道路庁 (FHWA) が主体となって、その後15年間にわって継続して行われることになっている。

今回紹介する報告書は、LTPPにおいて収集されたデータを用いてFHWAが実施した、舗装の供用性、応答および設計に関する各種研究・解析の結果をまとめたものである。研究の目的は、舗装の供用性データと材料特性の把握を通じて1993年版AASHTO設計指針の施行ならびに利用の促進を図ることであり、①室内と現場で測定されたレジリエントモデュラスの相違の検証、②路床特性が舗装のパフォーマンスに及ぼす影響の検証、③排水係数の妥当性ならびに排水施設の有効性の確認、④舗装材料の季節変動を考慮したアスファルト舗装の設計手法の提案、が主要なポイントとなっている。

報告書の構成は以下のとおりである。研究の背景とデータの内訳の紹介に続き、室内と現場における層弾性係数の決定方法、路床や舗装各層の材料特性の季節変動、FWDによる時系列データの有効活用方法等が詳細に述べられている。

1章 はじめに

2章 研究で用いたLTPPデータ

3章 層弾性係数の決定－室内試験

4章 層弾性係数の決定－たわみ曲線の逆解析

5章 水分の影響と排水係数

6章 路床特性と安定処理

7章 舗装材料特性の季節変動

8章 FWDたわみ－時系列データと舗装の供用性

9章 結論と勧告

本文では、上記の構成を一部変更して全体の概要を紹介する。報告書の内容に基づいて、設計パンフレットも刊行されており、FWD研究会において訳文¹⁾が報告されているので、そちらも併せて参照していただきたい。なお、以降特に断らない限り、報告書とは原文 (Analyses Relating to Pavement Material Characterizations and Their Effects on Pavement Performance) のことを言い、本研究とは、報告書の作成にあたり行われたFHWAの研究を指す。また、アスファルト混合物のレジリエントモデュラスはE_R、粒状路盤ならびに路床のそれはM_Rと略記する。

2. 研究で用いたLTPPデータ

SHRPのLTPPでは、1989年より主として米国各州の道路舗装において各種データを収集し、データベース化を図っている。本研究で使用した以下に示す、交通データ、環境データ、材料試験データ、供用性データ、および維持・修繕データの多くは、そのデータベースから抽出したものであり、報告書の2章においてその詳細が述べられている。

(1) 交通データ

各州の道路局に保管されている交通履歴および動的な荷重測定装置 (Weigh-In-Motion) による実測データを80kNのESAL (等価単軸荷重) に換算して解析に用いている。

(2) 環境データ

調査対象となる道路区間周辺の4ないし5つの気象観測所で観測された次のデータを現場から観測所までの距離で重み付け平均して環境データとして利用している。すなわち、年間および月間の降雨量、年間凍結／融解サイクル、年間凍結指數、月間の気温が零下となる日数、月間の気温が32°C以上となる日数、月平

* かない としひろ 鹿島道路技術研究所

** ひがしもと たかし 世紀東急工業技術部

** ひがしもと たかし 大林道路技術研究所

均最低および最高温度、凍結温度以下となる平均日数、等である。

(3) 材料試験データ

調査対象区間の起点および終点の2箇所から採取した試料について室内試験を実施している。アスファルト混合物に関しては、アスファルト量、空隙率および骨材粒度を、粒状材料については、コンシスティエンシー限界、最適含水比、最大乾燥密度、現場における含水比ならびに粒度を調べている。なお、両材料についてレジリエントモデュラス試験も実施している。

(4) 供用性データ

調査対象区間は定期的にモニタリングされており、FWDによるたわみ、縦断プロファイル、横断プロファイル、破損およびすべり抵抗性の情報が蓄積されている。破損に関するデータの収集は、人が踏査する方法と路面性状測定車による方法があるが、後者による自動計測データの解釈で生じる誤差の影響を避けるため、本研究においては可能な限り踏査による方法を採用している。

(5) 維持・修繕データ

舗装のラフネスおよび破損の進行速度の解析を行う際に必要となる維持・修繕データは、各州の担当者により収集されている。

3. 層弾性係数の決定

レジリエントモデュラスは、舗装の構造設計に直接用いられたり、また、舗装各層の層係数を求める場合にも利用される。

しかし、レジリエントモデュラス試験は、試験機の取り扱いが煩雑である、試験時間が長い、試験結果のばらつきが比較的大きい等の理由から、実際にこの試験を行っている州は少ないのが現状であり、多くの州では、様々な関係式を用いて他の材料特性値から間接的にレジリエントモデュラスを求めている。報告書の3章と4章では、舗装の設計と構造評価を行うにあたり、レジリエントモデュラスを利用することの有効性を示すとともに、室内試験で得られる値と逆解析で算出されるそれを一致させる方策について述べている。

3.1 室内試験による層弾性係数

調査対象区間から採取した試料を用いて、アスファルト混合物、粒状路盤材、ならびに路床土のレジリエントモデュラス試験を実施し、以下の考察を行っている。なお、セメントコンクリートおよび安定処理された路盤材や路床土については試験を実施していない。

(1) 密粒度アスファルト混合物

密粒度アスファルト混合物に関して、5, 25, 40°Cの3温度で間接引張りのレジリエントモデュラス試験を実施して、瞬間復元ひずみを用いた瞬間復元 E_R と全復元ひずみを用いた全復元 E_{RI} を求めている。

当該混合物の瞬間復元 E_R (E_{RI}) と全復元 E_R (E_{RT}) の関係を調べたところ、表-1に示すとおり試験温度の上昇とともに両者の比率は次第に小さくなり、両者の差が大きくなることが判明した。この傾向は、既往の研究成果と一致するものであり、高温時には残留ひずみが大きくなることを反映した結果であるとしている。なお、本研究では、測定誤差が小さい全ひずみから求められる全復元 E_R により、以降の検討を行っている。

表-1 全復元 E_R (E_{RT}) と瞬間復元 E_R (E_{RI}) の比

試験温度 °C (°F)	* E_{RT}/E_{RI} の比	
	既往の研究	LTPPデータ
5 (41)	0.88 (0.82 - 0.92) **	0.85 (0.78 - 0.90)
25 (77)	0.75 (0.65 - 0.82)	0.76 (0.68 - 0.80)
40 (104)	0.62 (0.58 - 0.67)	0.71 (0.66 - 0.82)

* E_{RI} = 瞬間復元レジリエントモデュラス

E_{RT} = 全復元レジリエントモデュラス

** () 内の数字は既往の研究におけるモデュラス比の一般的な範囲^{2), 3)}

(2) 粒状材料および路床土

粒状材料および路床土の M_R は、材料の非線形性を考慮して拘束圧や偏差応力を変化させた繰返し三軸圧縮試験により求められる。

図-1に粒状路盤材と路床土における試験結果を示す。各種応力状態における M_R 算出式として、試料のタイプに依存しない式(1)、式(2)を用いて回帰分析を行った結果、表-2に示す回帰係数が得られた。両式の回帰精度にほとんど差異は認められず、重相関係数はともに0.85以上となったが、本研究では、Superpaveプログラムで採用されたモデル式に類似した式(2)を粒状路盤材と路床土の非線形弾性応答を表す式として採用している。

$$M_R = K_1 (\sigma_d)^{K_2} (1 + \sigma_3)^{K_3} \quad (1)$$

$$M_R = K_1 p_a (\theta / p_a)^{K_2} (\sigma_d / p_a)^{K_3} \quad (2)$$

ここに、

θ : 主応力和

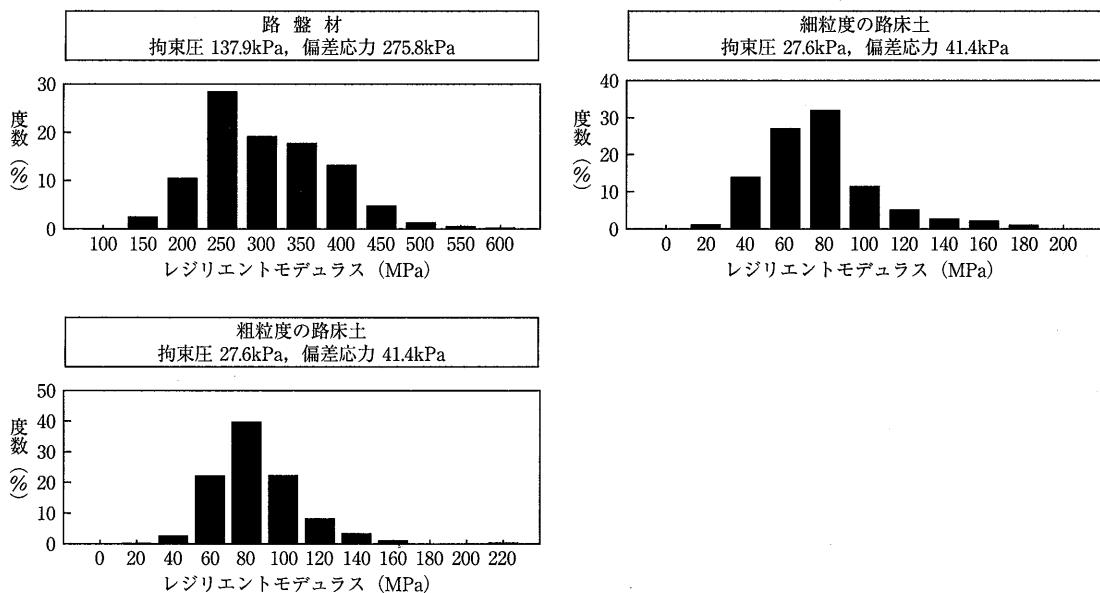


図-1 粒状路盤材と路床土の M_R

表-2 M_R 算出式における回帰係数Kの平均値

材料／土質分類	式(1)			式(2)		
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃
粘性土	8,300	-0.08	0.26	594	0.44	-0.19
シルト質土	5,800	0.08	0.48	426	0.42	-0.23
砂質土	5,400	0.14	0.45	598	0.44	-0.12
レキ質土	8,100	-0.02	0.46	836	0.23	-0.08
路盤用碎石	5,500	0.21	0.59	869	0.65	-0.04

σ_d : 偏差応力

σ_c : 拘束圧

p_a : 大気圧

K₁, K₂, K₃ : 回帰係数

(3) 材料の物理性状による M_R の推定

約半分の州で1986／1993年版のAASHTO設計指針を利用しているが、舗装材料および路床土のレジリエンントモデュラス試験を実際に行っている州は全体の約20%に過ぎず、その他の州では、AASHTO指針に記載されているような関係式を用いて M_R を間接的に推定しているのが実態である。

路盤材料や路床土は応力依存性があるため、材料の物理性状から M_R を推定することは本質的には困難である。ただし、このような推定方法には、含水比等の材料物性の季節変動を M_R に反映できる利点がある。粒状材料の物性値と回帰係数Kを関連付けたSanthaの研究成果⁴⁾の一例（粘性土）を表-3に示す。回帰係

数Kの推定には、材料の含水比、乾燥密度、粒度等の基本的な物性値が用いられている。

本研究においても、LTPPデータベースから材料物性値を抽出し、同様の解析を試みているが、材料特性による回帰係数Kの推定精度は悪い結果となった。結論としてこのような推定方法は、実測した M_R が季節毎の含水状態によってどのように変動をするか予測する場合や舗装構造の計画段階での利用に限定すべきであり、構造設計を目的とする場合には、繰返し三軸圧縮試験から M_R を直接求めるべきであるとしている。

3.2 たわみの逆解析による層弾性係数

FWDによるたわみを逆解析して層弾性係数を求める際には、正確に層の厚さを調べることはもちろんあるが、たわみ曲線の形状や舗装モデル（層の分割）の適否も良好な解析結果を得るために重要な因子となる。

LTPPデータベースの中で、たわみの実測値と逆解析後の計算値の差（誤差）が大きくなつたたわみデータ

表-3 回帰係数Kと材料物性の関係（粘性土）⁴⁾

粘性土の回帰係数K

$\cdot \log K_1 = 19.813 - 0.045 (W_{opt}) - 0.131 (W_s) - 9.171 \left(\frac{\gamma_{ds}}{\gamma_{dmax}} \right)$
$+ 0.037 (\%Silt) + 0.015 (LL) - 0.016 (PI)$
$- 0.021 (\%Swell) - 0.052 (\gamma_{dmax}) + 0.00001 [(P_{40}) (S)]$
$R^2 = 0.95$
$\cdot K_2 = 0$
$\cdot K_3 = 10.274 - 0.097 (W_{opt}) - 1.06 \left(\frac{W_s}{W_{opt}} \right) - 3.471 \left(\frac{\gamma_{ds}}{\gamma_{dmax}} \right)$
$+ 0.0088 (P_{40}) - 0.0087 (PI) + 0.014 (\%Shrinkage)$
$- 0.046 (\gamma_{dmax})$
$R^2 = 0.94$
W_{opt} = 最適含水比 W_s = 供試体の自然含水比 γ_{ds} = 供試体の乾燥密度 γ_{dmax} = 最大乾燥密度 $\%Silt$ = シルト分 LL = 液性限界 PI = 塑性指数 $\%Swell$ = 膨張率 P_{40} = 40番 (425μm) ふるい通過質量百分率 S = 饱和度 $\%Shrinkage$ = 収縮率

タについて、たわみ曲線の形状を調べるとともに、誤差を小さくするための舗装モデルの構築方法について検討している。なお、本研究においては、逆解析プログラムとして、MODULUS4.0⁵⁾、4.2⁶⁾、WESDEF⁷⁾を使用している。

(1) たわみ曲線の形状

誤差が大きくなつたたわみ曲線には、層弾性理論に適合しない図-2のような3つのタイプがあることがわかった。図-2は、載荷位置におけるたわみを基準として正規化したたわみ曲線図であり、図中には参考として誤差が少ない良好なたわみ曲線（標準）も併記している。

- ①タイプI：載荷位置のセンサーで測定されたたわみよりも、他の位置（載荷位置から離れた位置）のセンサーで測定されたたわみのほとんどが大きくなっているたわみ曲線。最も誤差が大きくなる。
- ②タイプII：近接した2つのセンサーの間で、著しくたわみ量が減少しているたわみ曲線。
- ③タイプIII：載荷位置に近接するセンサーのたわみ量が、載荷位置のたわみより大きくなっているたわみ曲線。

タイプIとIIIは主にコンクリート舗装でみられ、温

度勾配によるコンクリート版のねじれやそり、版と路盤層との空隙等が原因であると考えられる。タイプIIのたわみ曲線は主にアスファルト舗装でみられるが、その原因は不明である。

いずれにしても、報告書では、上記3タイプの問題のあるたわみ曲線については、弾性理論に基づいたプログラムによる解析を行うべきではないとしている。

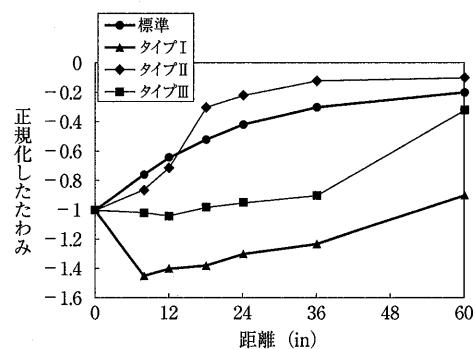


図-2 タイプ別の正規化したたわみ曲線図

(2) 逆解析に用いる舗装モデル（層分割）

逆解析を行う際には、各層について以下に示す分割を行うことにより、たわみの誤差を減少させることができるとしている。

①路床

地下水位、堅い層、地質が大きく変わる深さで2層に分割する。

②粒状の上層／下層路盤層

上層路盤材と下層路盤材が、室内試験結果から類似した材料であると判断できない場合には異なった2つの層として分割する。

③アスファルト混合物層

アスファルト混合物の性状が大きく異なる場合（例えば、オーバーレイ区間等）は2層に分割する。

なお、ほとんどのケースにおいて、解析モデルの層数を4層とした場合に最も誤差は小さくなり、路床よりも表層や路盤における分割方法が誤差に対して大きく影響するとしている。

3.3 室内試験と逆解析による弾性係数の相違

室内試験から得られる材料のレジリエントモデュラスとたわみ曲線の逆解析により求められる層弾性係数の相違について言及し、両者を一致させる手法について述べている。

(1) アスファルト混合物

アスファルト混合物は、温度依存性を有する粘弹性

材料であるため、温度や載荷時間により材料特性が変化する。室内では供試体全体の温度が均一な状態で試験されるが、現場のアスファルト混合物層には深さ方向に温度勾配が存在するため、逆解析により得られる層弾性係数は合成弾性係数ということになる。したがって、室内試験を行う場合には、現場条件と等しくなるように試験温度を選定する必要がある。

報告書では、アスファルト混合物の構造的応答特性を把握するためには、アスファルト混合物層の中央深さの温度において全復元 E_R (E_{RT}) を測定し、その値を温度毎に表-4の補正比率で補正する方法を提案している。

表-4 逆解析による層弾性係数 E (FWD) と室内 E_{RT} の比率

温度°C (°F)	逆解析弾性係数 E (FWD) / 室内レジリエントモデュラス E_{RT} (間接引張り)
5 (41)	1.00
25 (77)	2.8
40 (104)	4.0

(2) 粒状材料

粒状路盤材および路床土の室内試験による M_R と逆解析で得られる層弾性係数を一致させるためには、土圧や多層弾性理論により計算される現位置における応力状態⁸⁾と室内試験における応力状態を等しくする必要がある。

しかし、本研究では、上記の方法でレジリエントモデュラス試験を実施して求めた M_R は、逆解析で得られた層弾性係数とは一致せず、両者の比（室内／逆解析）は0.1～3.5の範囲で大きくばらついたとしている。

ただし、路盤材では当該層の4分の1の深さ、路床土では路床表面下45cmの深さにおける応力状態⁹⁾でレジリエントモデュラス試験を実施すれば、室内的 M_R

と逆解析による層弾性係数の比（室内／逆解析）には、舗装タイプおよび層タイプ毎に表-5に示すような規則的な関係があり、逆解析層弾性係数を表-5の比率で補正することにより、室内 M_R と一致させることができるとしている。

4. 水分の影響と排水係数

報告書の5章では、アスファルト舗装とコンクリート舗装の設計における排水性能の効果について述べている。

アスファルト舗装、コンクリート舗装とともに、舗装体内への水の浸透は、支持力の低下をはじめ、舗装の早期破壊の原因となる。舗装の供用性を良好に保持するために重要なものとして各種排水施設があるが、その適用にあたっては費用便益を十分に考慮する必要がある。

本研究では、排水施設が舗装の供用性を良好に保持するうえでどのように寄与しているか等について、LTPPデータに基づいて解析し、以下の知見を得ている。

4.1 舗装の供用性に及ぼす水分の影響

IRI、疲労ひびわれ、およびわだち掘れを供用性の指標として、排水施設の有無による供用性の差異について検討したが、現場データ数が少なく、統計的に十分な差異を検出することはできなかったとしている。

ただし、降雨量と路盤および路床の含水比の関係を月毎に調べた結果、図-3の例のように次のことが判明している。すなわち、

- ①路盤、路床ともに降雨量の増加にともない、自然含水比は高くなる。
- ②一般に、路盤の自然含水比は最適含水比よりも高く両者の差がかなり大きいのに対し、路床の自然

表-5 室内 M_R と逆解析層弾性係数の比（室内／逆解析）

層の区分	同一応力状態における室内と逆解析の弾性係数比 (室内／逆解析)		
	平均	標準偏差	変動係数 (%)
①コンクリート版下の粒状路盤	1.32	0.978	74.1
②安定処理材料上の粒状路盤（サンドイッチ断面）	1.43	1.14	79.9
③アスファルト混合物（表層または安定処理）下の粒状路盤	0.62	0.271	43.8
④安定処理路床下の路床土（サンドイッチ断面）	0.75	0.095	12.7
⑤粒状路盤のない舗装下の路床土	0.52	0.180	34.6
⑥粒状路盤を有する舗装下の路床土	0.35	0.183	52.2

含水比と最適含水比との差は路盤の場合よりも小さい。

調査では、内視鏡ビデオカメラによる撮影で排水施設の稼動状況を確認しており、その結果、排水パイプ

のつぶれや詰まりが認められた現場が多数見つかっている。排水施設を設けたことによる舗装の供用性の改善効果を調べるためにには、まず、排水施設が十分に機能していることが前提条件となるため、報告書では、

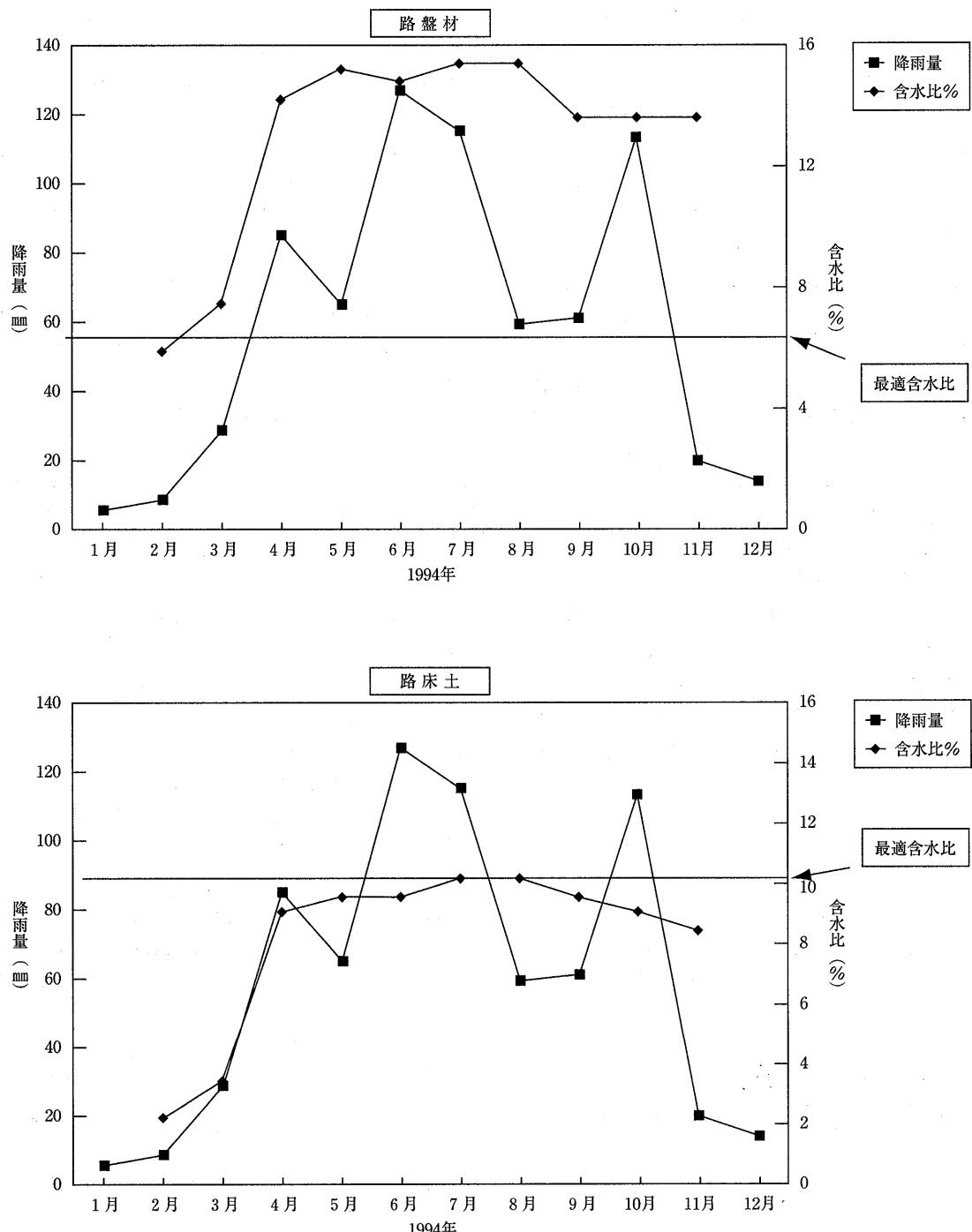


図-3 ミネソタ州における降雨量と路盤・路床の自然含水比との関係（1994年）

調査対象区間の排水施設の維持管理を確実に実施する必要性を強調している。

4.2 排水係数の評価

AASHTO指針のアスファルト舗装やコンクリート舗装における排水係数については、実際の現場での検証が十分になされているとは言えない面があり、LTPPデータによりその妥当性を検証することが本研究の大きな目的のひとつであった。

しかし、供用性の比較に不可欠である交通量データの信頼性が低いことや統計的に有意なデータ数が得られなかつたこと等の理由から排水係数の妥当性に関する結論を得ることはできなかったとしている。

4.3 飽和状態における層弾性係数の低下

排水不良により路盤や路床が飽和状態になる可能性があれば、季節毎の降雨量の変化や凍結深度がそれらの層の弾性係数に大きく影響する。

現在では、実験により含水状態を変化させて路盤や路床の M_R を直接評価できるようになっていることを考慮し、報告書では、AASHTO指針における排水係数に代わって、含水比の変化にともなう M_R の変動を直接設計に取り入れることを推奨している。

5. 路床特性と安定処理

報告書の6章では、路床上面の圧縮ひずみに基づく疲労破壊規準とそれから求められる損傷度による設計法の妥当性について検証を行っている。また、路床の安定処理が舗装の供用性にあたえる効果について、安定処理されてない路床との比較による検証を試みている。

5.1 設計に用いる路床特性

路床上面の圧縮ひずみに基づいた疲労破壊規準式の妥当性を評価するために、舗装が受けける損傷度(D.I.)と、IRIおよび舗装の損傷(わだち掘れと疲労クラック)との比較を行っている。なお、圧縮ひずみに基づく疲労破壊規準式と損傷度の算出式は以下のとおりである。

①圧縮ひずみに基づく疲労破壊規準式

$$\text{Log}N = -6.211 - 4.0 \text{Log } \varepsilon_v \quad (3)$$

$$\text{Log}N = 0.955 (\text{Log}M_R) - 4.082 (\text{Log } \varepsilon_v) - 10.90 \quad (4)$$

ここに、

N = 標準軸荷重の許容載荷回数

ε_v = 路床上面の圧縮ひずみ

M_R = 繰返し三軸試験による路床土の M_R (psi)

②損傷度(D.I.)の算出式

$$D.I. (\varepsilon_v) = n/N \quad (5)$$

ここに、

n = LTPPデータから推定した80kN等価単軸荷重しかしながら、交通データの信頼性が乏しいこと、路床変形に起因した1.3cmを超えるわだち掘れがあり見られなかつたこと、疲労クラックが発生している区間が少なかつたこと等の理由から、IRIおよび舗装の破損と、損傷度(D.I.)の間に明確な関係を見いだすことはできず、現段階のLTPPデータからは、圧縮ひずみに基づく疲労破壊規準と損傷度の妥当性を検証することはできなかつたとしている。

5.2 路床の安定処理がアスファルト舗装の供用性に与える効果

アスファルト舗装における路床の安定処理の効果について、IRIの経年変化により検証を試みている。路床土の種類は、粘性土、シルト質土、砂質土およびレキ質土である。

一例として、路床が粘性土である舗装におけるIRIの経年変化を図-4に示す。上段が安定処理を行っている場合、下段が行っていない場合の調査結果である。図からもわかるとおり、全体的にみて安定処理の有無によるIRIの経年変化に顕著な差異は認められない。

他の土質の路床についても、施工直後のIRIに大きな違いがある(砂質土)、安定処理した現場が少ない(シルト質土)、または全くない(レキ質土)等の理由から、安定処理の有無によるIRIの経年変化について明確な結論は得られなかつたとしている。

ただし、安定処理していない粘性土の路床を有するアスファルト舗装について、路盤の安定処理の有無によるIRIの増加率を比較した結果、路盤を安定処理した舗装よりも未処理のものの方がIRIの増加率は小さいことが判明したとしている。また、このことは、膨張性の路床土(塑性指数が35以上)上に直接施工したフルデプス舗装の供用性が、粒状路盤あるいは安定処理材料上に施工したアスファルト舗装よりも劣ることを裏付けるものであると述べている。

5.3 安定処理が路床特性に及ぼす効果

安定処理が路床の材料特性にどのような効果を与えるかについて、路床の含水比および締固め度の観点から調べている。

図-5は、安定処理した路床よりも下部の部位から採取した路床土(砂質土、粘性土)に関して、自然含水比W(act)と最適含水比W(opt)の差のヒストグラムと、その含水比の差と締固め度の関係を示したもの

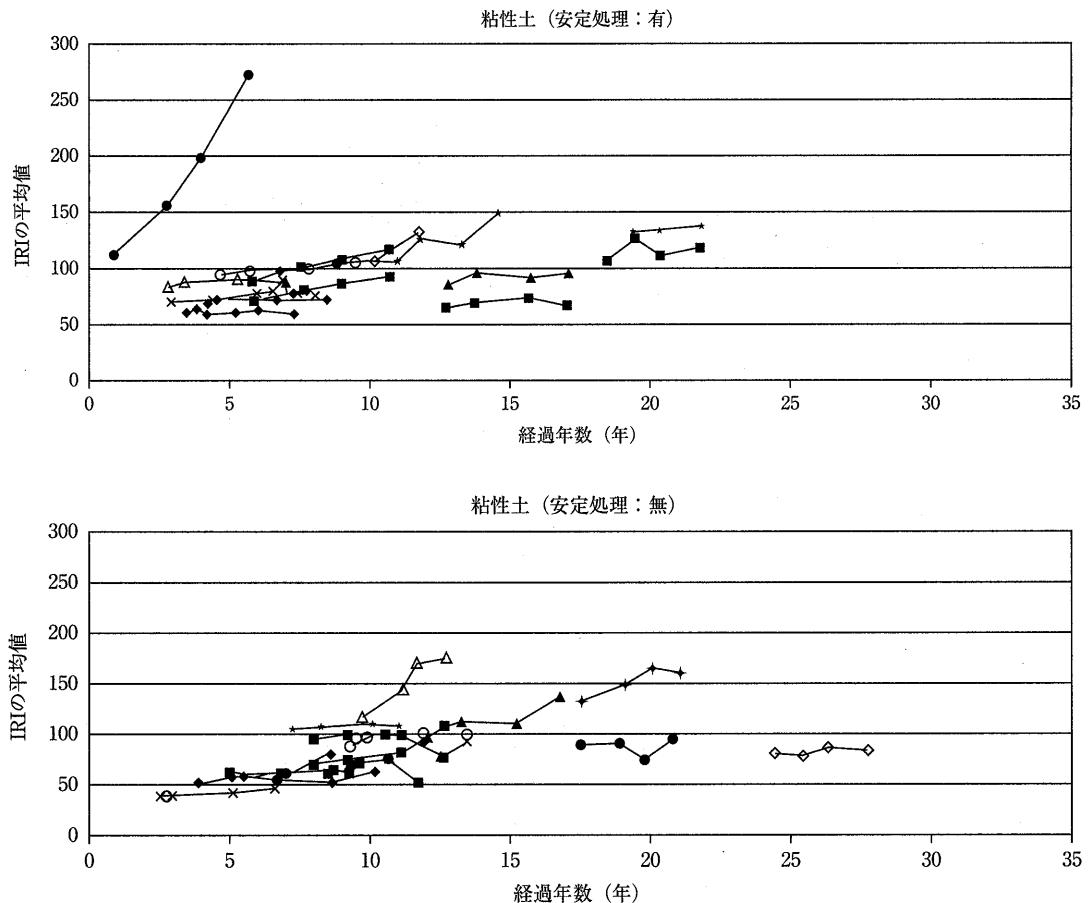


図-4 路床安定処理の有無によるIRIの経年変化（粘性土路床の場合）

のである。また、図-6と図-7は、それぞれ安定処理していない砂質土と粘性土について、図-5と同様の要領でデータを整理したものである。

図-6より、安定処理していない砂質土の自然含水比は最適含水比よりも低い傾向にあることがわかる。一方、図-7をみると、安定処理していない粘性土の自然含水比は最適含水比よりも高く、自然含水比が上昇するほど締固め度が小さくなる傾向を示している。また、図-5と図-7を比較すると、安定処理層の下部における粘性土（図-5）については、安定処理していない場合（図-7）よりも、自然含水比が最適含水比付近に集中しており、締固め度も若干ではあるが大きくなっている。

以上のことから、粘性土の路床に関しては、安定処理層は保護層として自然含水比の上昇を抑制し、特に膨張性のある路床土の支持力の確保、IRI等の路面性状の維持において効果的であろうとしている。

6. 補装材料特性の季節変動

AASHTO指針において舗装厚を決定するにあたり用いられる層係数 a_i は、材料が舗装構成層として機能する際の相対的な尺度である。この値は、道路試験等から得られた経験値であり、図-8に示すとおりAASHTO指針を利用している州の中でもかなり異なっている。

報告書の7章では、層係数とレジリエントモデュラスの関係を示すとともに、含水比や温度といった季節変化にともなうレジリエントモデュラスの変動を疲労破壊の観点から合理的に設計に反映する方法を提示している。

6.1 アスファルト混合物

AASHTO指針では、式(6)を用いてアスファルト混合物の層係数を算出することを推奨しているが、全復元 E_R (E_{RT}) は温度条件20°Cで測定することになっている。したがって、この方法では、環境条件による

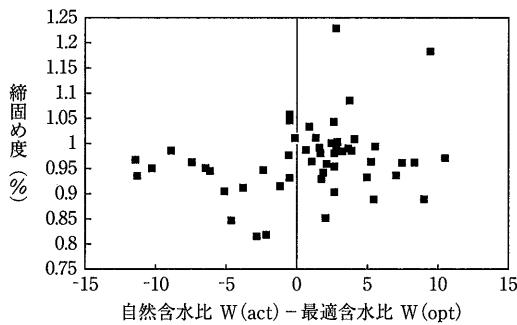
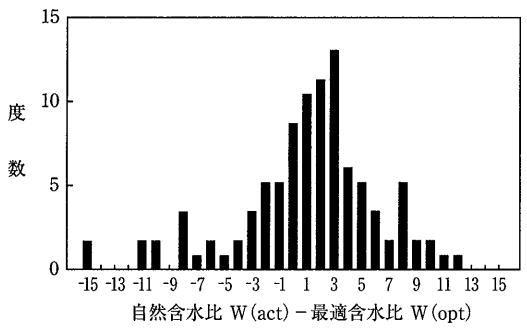


図-5 含水状態のヒストグラムおよび含水状態と締固め度の関係（安定処理した路床よりも下部の路床土）

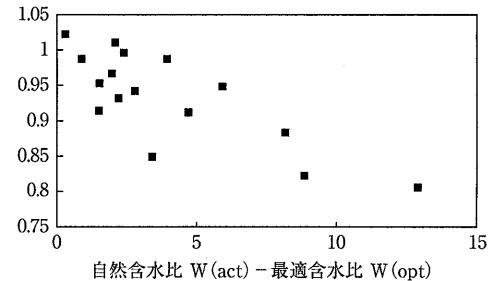
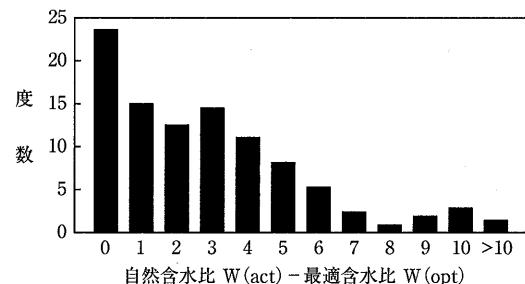


図-7 含水状態のヒストグラムおよび含水状態と締固め度の関係（未処理の粘性土）

材料特性の変動を設計に反映することができない。

$$a_1 = 0.40 \log(E_{RT}/450) + 0.44 \quad (6)$$

ここに、

a_1 : アスファルト混合物の層係数

E_{RT} : アスファルト混合物の全復元レジリエントモデュラス (ksi)

Von Quintus²⁾は、季節毎のダメージの違いを考慮して、年間等価全復元 E_R (E_{RT} (Design)) を求める式(7)を開発している。報告書では、この E_{RT} (Design) を設計に用いることを推奨しているが、この値を式(6)のような供用性調査結果に基づいて開発された式に適用するには、さらに検討が必要であるとしている。

$$E_{RT}(\text{Design}) = \frac{\sum_{i=1}^k E_{RT}(T)_i \times DF_i}{\sum_{i=1}^k DF_i} \quad (7)$$

ここに、

$$DF_i = 7.4754 \times 10^{10} \times \{E_{RT}(T)\}^{-1.908}$$

(季節 i における疲労ひびわれに関するダメージ係数)

$E_{RT}(T)_i$: 季節 i におけるアスファルト混合物層の中央深さの温度 T (°F) による全復元レジリエントモデュラス (psi)

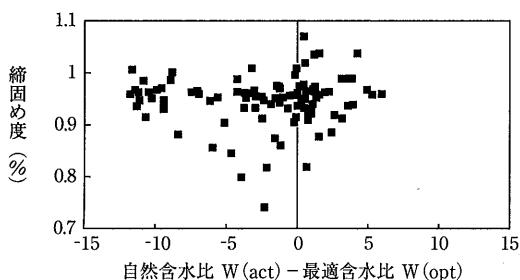
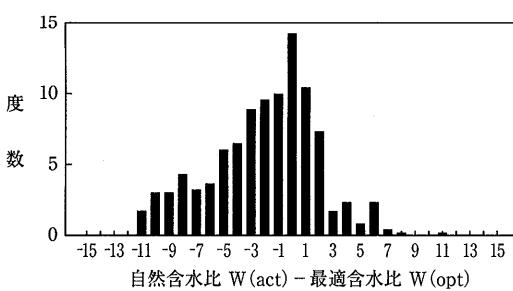


図-6 含水状態のヒストグラムおよび含水状態と締固め度の関係（未処理の砂質土）

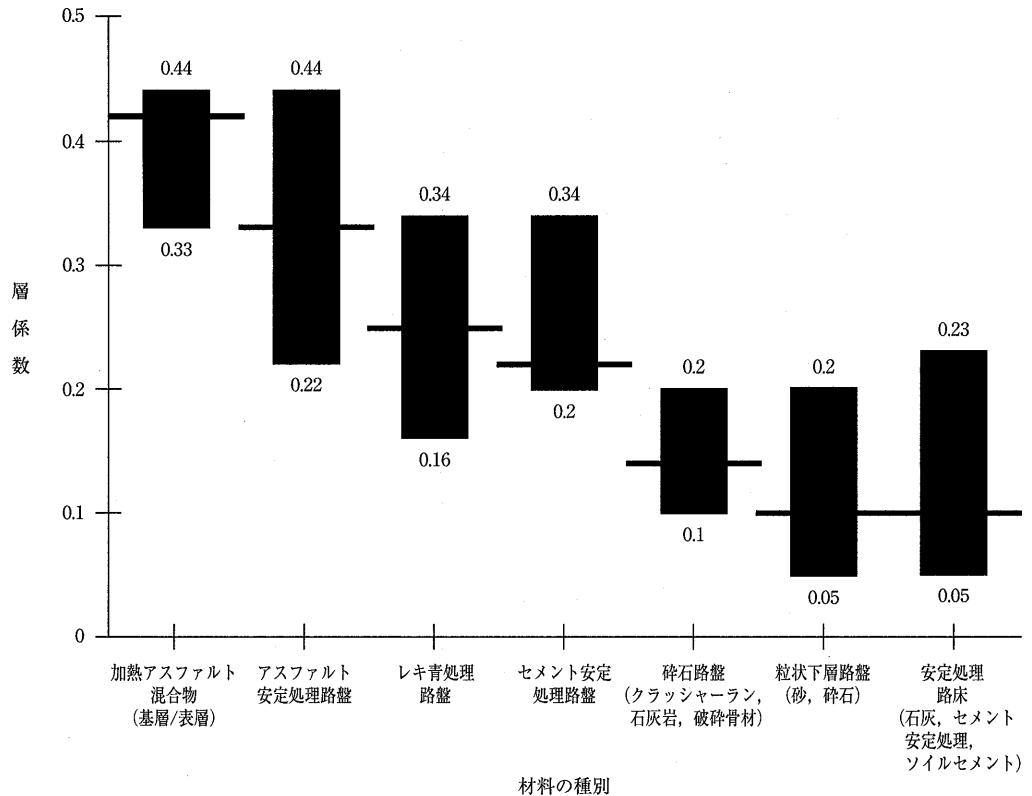


図-8 AASHTO指針を利用している州における各層の層係数¹⁰⁾

k : 季節数 (ただし、各季節における交通量は等しいとする)

6.2 粒状路盤材料

AASHTO指針では、アスファルト混合物と同様、粒状路盤材料についても M_R と層係数の関係を式(8)のように与えている。

$$a_2 = 0.249 (\log_{10} M_R) - 0.977 \quad (8)$$

ここに、

a_2 : 粒状路盤の層係数

M_R : 安定処理していない粒状路盤のレジリエントモデュラス (psi)

この層係数に排水係数を乗じることにより排水状態の良否を設計に反映することはできるものの、AASHTO指針においては路盤材の M_R や排水条件の季節変動を考慮していない。

そこで、本研究では、アスファルト混合物層の疲労ひびわれに関する破壊規準に基づき、相対損傷度 U_f を用いて粒状路盤層の年間等価 M_R (M_R (Base)) を算出する式を以下のとおり開発している。

$$U_f = 1.885 \times 10^3 \times (M_R)^{-0.721} \quad (9)$$

$$M_R (\text{Base}) = \frac{\sum_{i=1}^k (M_R)_i \times (U_f)_i}{\sum_{i=1}^k (U_f)_i} \quad (10)$$

なお、LTPPで得られているデータでは、この方法の妥当性を検証するには不十分であり、今後さらにデータの蓄積を図り、検証していく必要があるとしている。また、損傷度を求める式(9)の作成にあたっては、路盤材の締固め不良や過大な応力の作用は考慮していないので注意を要するとしている。

6.3 路床土

路床の支持力はAASHTO指針における最も重要な入力パラメータのひとつであり、季節変動を考慮して式(11)により相対損傷度を求め、図-9のノモグラフから有効路床 M_R が得られる。

$$U_R = 1.18 \times 10^8 \times M_R^{-2.32} \quad (11)$$

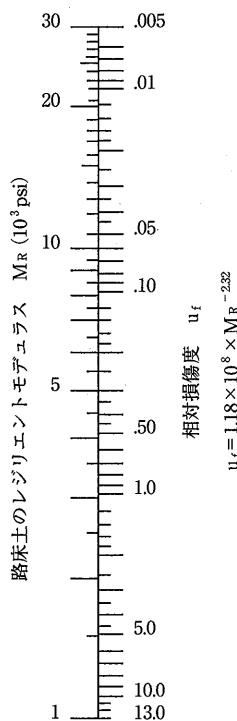
ここに、

U_R : 供用性規準に基づいた相対損傷度

M_R : 路床のレジリエントモデュラス (psi)

月	路床土のレジリエントモデュラス M_R (psi)	相対損傷度 u_f
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
合計：	$\Sigma u_f =$	

$$\text{平均} : \bar{u}_f = \frac{\Sigma u_f}{n} = \text{_____}$$



路床土の有効レジリエントモデュラス, M_R (psi) = _____ (\bar{u}_f に対応する値)

1 psi = 6.89kPa

図-9 有効路床 M_R を求めるためのノモグラフ¹¹⁾

本研究では、路床についても、永久変形に関する疲労破壊規準に則って損傷度を求める式(12)を提案している。ただし、本式の適用にあたっても、アスファルト混合物や路盤の場合と同様、今後LTPPのような供用性データのさらなる蓄積により検証していく必要があるとしている。

$$U_{rs} = 4.022 \times 10^7 \times (M_R)^{-1.962} \quad (12)$$

U_{rs} : 破壊規準に基づいた相対損傷度

M_R : 路床のレジリエントモデュラス (psi)

季節によっては、路床の M_R が AASHTO 指針の有効 M_R よりも小さくなる可能性があることから、報告書では、舗装設計において路床特性を決定する場合には、季節変動を十分に把握し、乾燥状態や凍結状態等、良好な性状を示す時期の M_R を用いることのないよう注意する必要があることを強調している。

7. FWDによる時系列データと舗装の供用性

報告書の8章では、FWDにより得られる時系列データと舗装の構造特性や供用性を関連付ける試みがなされている。

7.1 荷重とたわみの時系列データ

図-10と図-11は、それぞれアスファルト混合物層の厚さが5cmの断面と混合物厚さが19cmの断面における時系列データを示したものである。報告書では、これらの図において、たわみがピークに達する時間（たわみのピーク時間）とゼロに戻るまでの時間（たわみの回復時間）について考察している。

(1) たわみのピーク時間

図-10と図-11をみると、FWDの各センサーにおいてたわみがピークに達するまでの時間は、アスファルト混合物層の厚さによって異なっている。

各種舗装において測定したFWD時系列データに

ついて、載荷板中心から各センサーまでの距離をたわみのピーク時間で除して、たわみの伝達速度を算出したところ、アスファルト舗装では25~90cm/ms、コンクリート舗装では50~150cm/msという結果が得られた。全体的な傾向として、コンクリート舗装の方がアスファルト舗装よりも伝達速度が速い、また、アスファルト舗装においては、夏期よりも冬期の方が速度が速いことが判明したとしている。

(2) たわみの回復時間

たわみの回復時間が短いものほど、舗装体が弾性挙動を示していると評価され、逆に回復時間が長い場合には、粘弾性特性を呈していると評価することができる。

アスファルト混合物層の厚さが薄い場合(図-10)には、たわみの回復時間が短く混合物の粘弾性的特徴が顕著には現れないのに対し、混合物層厚が厚い場合(図-11)には、回復時間が長くなり粘弾性特

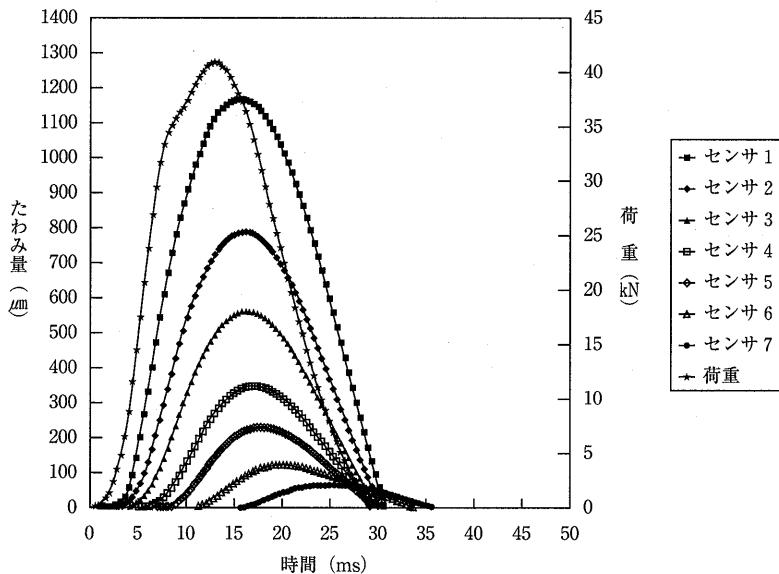


図-10 FWDによる時系列データ (アスファルト混合物厚: 5 cm)

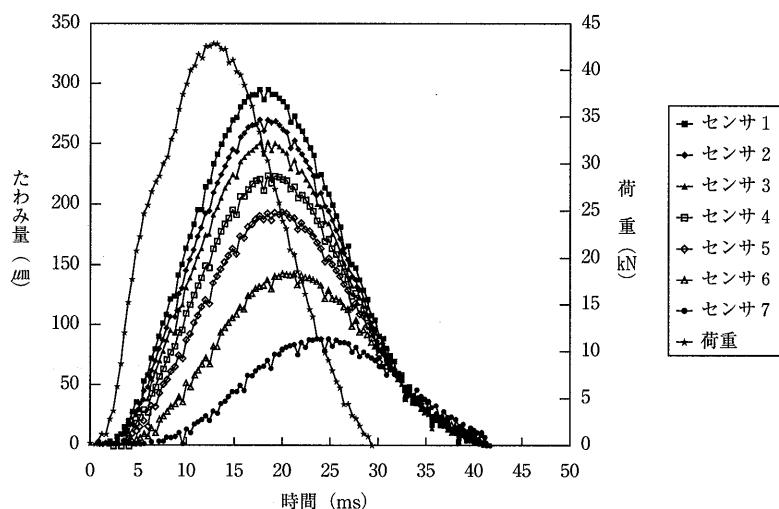


図-11 FWDによる時系列データ (アスファルト混合物厚: 19cm)

性が明確になっている。コンクリート舗装においても同様の検討を行った結果、一般に弾性体と考えられるコンクリート舗装ではあるが、たわみの回復時間は比較的長く、粘弾性特性を有していることがわかったとしている。

7.2 散逸仕事量

舗装材料の粘弾性的特性を表す指標に散逸エネルギーあるいは散逸仕事量がある。載荷および除荷の過程で発生する応力とひずみの関係曲線（ヒステリシスループ）で囲まれた部分の面積が散逸エネルギーであり、これと同様の考え方により、FWDで測定される荷重と載荷板直下のたわみ（センサ1）の時系列データから散逸仕事量を求めることができる。

(1) 舗装構造特性と散逸仕事量

図-12に、アスファルト舗装とコンクリート舗装における荷重-たわみ曲線を示す。この曲線は同一時間における荷重とたわみ（センサ1）を順次プロットして線で結んだものであり、曲線で囲まれた部分の面積が散逸仕事量となる。図からもわかるとおり、散逸仕事量は、コンクリート舗装の方がアスファルト舗装よりも一般的に小さくなる等、舗装の構造特性を反映できる指標であると述べている。

(2) 舗装の供用性と散逸仕事量

図-13は、現場毎に交通量（80kN等価単軸荷重）とFWDデータから得られた散逸仕事量の関係を、破損レベル毎に凡例を変えてプロットしたものである。この図をみると、散逸仕事量が大きくなるほど舗装の損傷程度は重度になっており、FWDで直接測定可能な散逸仕事量は、舗装の供用性を評価するうえで重要な指標となり得る可能性がある。

なお、報告書では、AASHTOが2002年を目標に進めている舗装設計法の改訂において、FWDによ

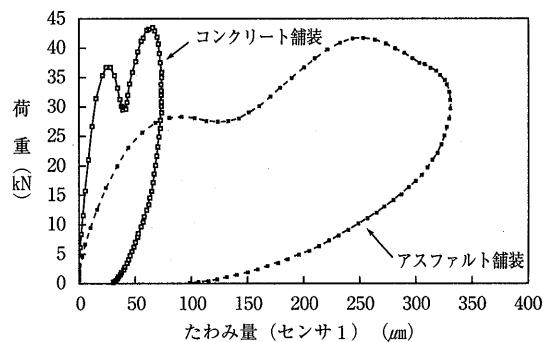


図-12 荷重-たわみ曲線

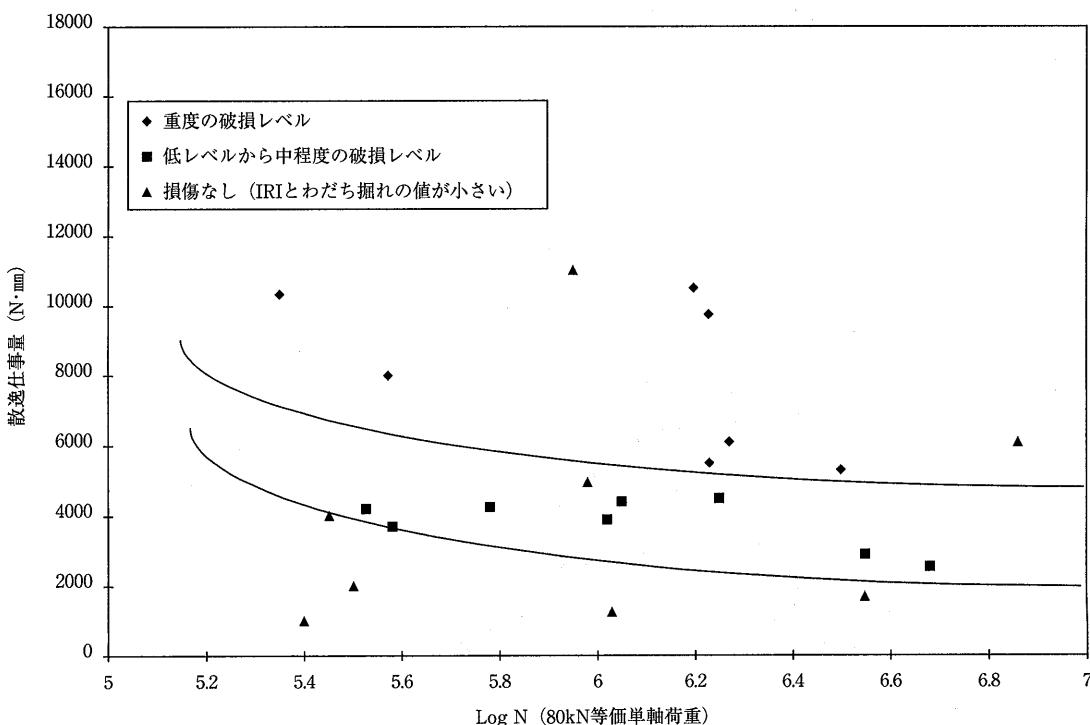


図-13 舗装の供用性と散逸仕事量の関係

る時系列データから得られるこのような様々な情報が重要なパラメータとなるであろうとしている。

8.まとめ

本研究で得られた知見をまとめると、次のとおりとなる。

(1) 材料特性の季節変動

舗装材料は、その特性が温度、含水比ならびに応力状態等によって変化するため、それらを考慮した材料特性の把握が重要である。

①アスファルト混合物

アスファルト混合物の E_R を室内試験により求める場合には、現場におけるアスファルト混合物層の中央深さの温度を試験温度とする。

②粒状路盤と路床

粒状路盤材および路床土のレジリエントモデュラス試験を実施する場合の応力条件は、路盤の場合には現場における当該層の4分の1の深さでの応力状態、また、路床土の場合には路床表面下45cmの深さでの応力状態と等しくする。

(2) 逆解析層弾性係数

室内で測定されるレジリエントモデュラスとたわみ曲線を逆解析して得られる層弾性係数は、一般的に等しくならないため、報告書で示した所定の補正係数により逆解析層弾性係数を室内でのレジリエントモデュラスに換算する必要がある。

(3) 路床支持力

膨張性のある粘性土の場合、安定処理層により路床土の自然含水比が最適含水比付近に保たれるため、支持力変動が少なくなり、結果的にIRIの増加等供用性の低下を抑制できる可能性がある。

なお、舗装設計に用いる路床 M_R の決定にあたっては、季節変動を十分に考慮し、乾燥時等の良好な値を選定しないよう注意する。

(4) FWDによる時系列データの活用

FWDにより測定される時系列データは、舗装特性を判定するうえで有効である。特に、それから得られる散逸仕事量は、舗装構成や材料性状によって変化し、舗装の破損状態とも密接な関係にあることから、今後その有効活用が望まれる。

9.おわりに

報告書では、LTPPデータを利用して舗装の設計と供用性の関係をより明確にする試みがなされており、

いくつかの新たな知見が得られている。

しかし、測定データの信頼性が低いことや統計処理を行うにはデータ数が不十分であること等、多くの課題が残されている。FWDをはじめとする各種測定技術の向上や理論的解析の必要性に関する認識の高まりの中にあって、今後このような試みは各方面で積極的に進められていくものと考えられる。

本文では、特定のテーマについて深く言及することはできなかったが、現時点における設計上の新たな知見や問題点のいくつかを提示できたと考えており、これらが舗装研究者や技術者の方々の日常業務に少しでも役立つことを願う次第である。

— 参考文献 —

- 1) FWD研究会: 1998年度報告書 FWDに関する研究, 1998年12月
- 2) Von Quintus, H.L. et al.: Asphalt-Aggregate Mixture Analysis System: AAMAS, NCHRP Report No.338, National Cooperative Highway Research Program, National Research Council, March 1991
- 3) Baladi, G.Y., Integrated Material and Structural Design Method for Flexible Pavements, Report No.FHWA/RD-88/109, Federal Highway Administration, September 1987
- 4) Santha, B.Lanka, "Resilient Modulus of Subgrade Soils: Comparison of Two Constitutive Equations", TRR No.1462, Transportation Research Board, National Council, Washington, DC, 1994, pp.79-90
- 5) Rhode, G. and Scullion, T., MODULUS 4.0: A Microcomputer-Based Procedure for Backcalculating Layer Moduli From FWD Data, Research Report 1123-1, Texas Transportation Institute, 1990
- 6) Michalak, C.H. and Scullion, T., MODULUS 4.2: User's Manual, Research Report 1939-1, Texas Transportation Institute, 1993
- 7) Alexander, D.R., et al., "Multilayer Elastic Program for Backcalculating Layer Moduli in Pavement Evaluation," In Nondestructive Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli, ASTM STP 1026, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, 1989, pp.171-188
- 8) 谷口他: 舗装の長期供用性 (LTPP) 調査に関する

る報告書, アスファルト, Vol.200, pp.38-53, 平成11年7月

- 9) Von Quintus, Harold L., Case Study Report-Premature Flexible Pavement Failure Analysis, Impact of Tire Pressures, Report No.TT-4/1, Prepared for the Texas Transportation Institute, Texas A&M University, Florida DOT State Project No.99000-1712, March 1991
- 10) National Cooperative Highway Research Pro-

gram, Catalog of Current State Pavement Design Features and Practices: Systems for Design of Highway Pavements, NCHRP Project 1-32, Interim Report Submitted by ERES Consultants, Inc, November 1995

- 11) American Association of State Highway and Transportation Office, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Washington, DC, 1993



☆2000年版発行のお知らせ☆

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

日本アスファルト協会・発行

『アスファルト・ポケットブック』2000年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文91ページ・実費頒価1部 800円（送料実費は申込者負担）
ハガキにてお申し込み下さい。

――主な内容――

- アスファルト需要の推移
- 石油アスファルトの生産実績
- 石油アスファルトの需要推移
- 石油アスファルトの需要見通し
- 石油アスファルトの製造及び流通
- 石油アスファルトの生産場所及び油槽所
- 石油アスファルトの製造原油
- 石油アスファルトの品質規格
- 石油アスファルトの用途
- アスファルト合材の製造実績
- 改質アスファルトの出荷実績
- アスファルト乳剤の出荷実績

- 道路投資額とアスファルト需要
- 新道路整備5ヵ年計画
- 平成12年度の道路予算
- 道路特定財源の推移
- 道路の整備状況
- 石油供給計画
- 世界の石油アスファルト生産量
- 主要諸国の道路事情
- データーシート
- 日本アスファルト協会の概要
- 住所録
- 関連官庁・関連団体

骨材露出工法

セメントコンクリート舗装の表面仕上げの一工法で、コンクリート表面に粗骨材を均一に露出させる事により、低騒音ですべり抵抗性が高く、かつ耐久性のある路面に仕上げる舗装工法のことであります。このため、セメントコンクリートを打設し、平坦仕上げを行った後に、表面に凝結遅延剤を散布し、一定時間経過後に表面のモルタルを洗い出すか、削り出すことによって粗骨材を均一に露出するようにします。

さらに最近では、オーストラリアの小粒径骨材露出工法（粗骨材の最大粒径10mm）を参考に、建設省や日本道路公団（以下JH）での工事をも含めた研究が進められており、従来の大粒径（最大粒径40mmの骨材を用いたコンクリート）、中粒径（最大粒径20mm）に対して、小粒径（13mmまたは10mmのもの）のコンクリートが注目されて来ています。

両機関での小粒径露出工法の施工フローは、図-1

をベースに施工しています。

施工のポイントとしては、以下の事が指摘されます。

- ①洗い出し工法では、モルタルの厚みを均一に、かつ薄くしておく事が重要なので、レベラーのフロート前の余剰モルタルは随時除去し、レベラー通過後もフロートをかけて表面を平滑に仕上げ、ハケ引きにより余剰モルタルを除去しておくことが重要であります。
- ②遅延剤を均一に散布するためには、原液を希釈して使うケースが多く、後工程の洗い出し開始時間を考慮して、散布に要する時間が長くならないような散布量と希釈倍率の検討が重要であります。
- ③遅延剤の散布時間は、遅延剤の流出やコンクリートの硬化開始等の影響から、コンクリート表面の水光りが消える頃が適切であります。
- ④ハイウォッシャーと小型スイーパーの連携による

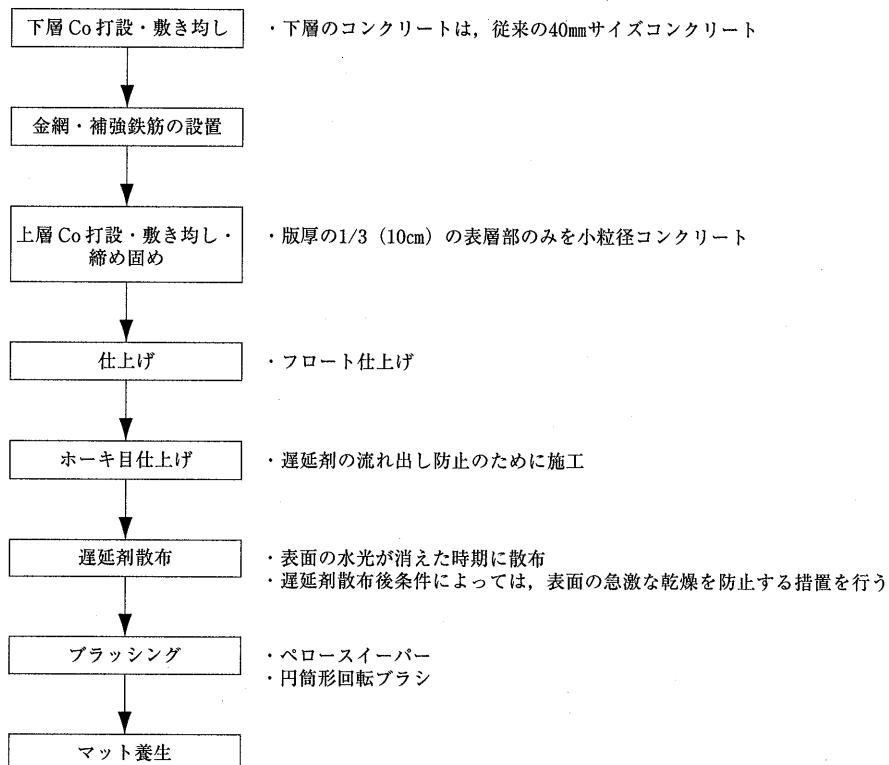


図-1 施工フロー

作業が重要であります。特にスーパーで残った所を再びハイウォッシャーをかける所が多くなると、セメントが分離し、砂分が流れなくなりがちであります。

⑤削り出しでは、コンクリートの表面の硬度が適切な範囲の時に行うことが重要であります。JHが施工管理に使用しているJIS K6301に準拠したスプリング式固さ試験機(C型)での管理では、硬度が20~50の範囲であれば小砂利を飛ばさずにモルタルのみを削り取る事が可能であり、20以下では小砂利が飛び、60以上では粉塵が多くなり削り出し能力が低下します。(表-1参照)

⑥削り出しの管理は、削り深さ3~5mm、きめ深さ1.5mmの値を目標として実施する例が多いが、このためにはリアルタイムで硬度計測なりきめ深さ計測を行うための改良技術が必要になります。

表-1 遅延剤、コンクリート硬度別の削り出し状況の例

コンクリートの 最大粒径(㎜)	遅延剤	硬 度				
		15以下	20前後	35前後	50前後	60以上
13	A	原液	×	○	○	○
		1:1		○	○	△
		1:2		○	○	△
20	A	原液	×	○	○	○
		1:1		○	○	△
		1:2		○	○	△
40	A	原液	×	○	○	○
		1:1		○	○	△
		1:2		○	○	△
20	B	原液	×	○	○	○
		1:2		○	○	○
		1:4		○	○	○

○：普通に削れる

△：削りにくい

×：削り出し不可能

- 1) 日本道路公団試験研究所 舗装研究室『試験研究所技術手帳』1998年
 2) 第7回コンクリート道路に関する国際シンポジウム

ーム『オーストラリアの小粒径骨材露出工法に関する資料』1994年

[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・実費額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
2. 構造設計	3-3 補強路盤の工法	5-3 巡 回
2-1 概 説	4. 表 層	5-4 維持修繕工法
2-2 調 査	4-1 概 説	付録1. 総合評価別標準設計例一覧
2-3 設計の方法	4-2 浸透式工法	付録2. 材料の規格
2-4 設計例	4-3 常温混合式工法	付録3. 施工法の一例(D-2工法)
2-5 排 水	4-4 加熱混合式工法	付録4. 材料の品質、出来形の確認

環境アセスメント法（環境影響評価法）

本年（平成11年）6月12日、法律として「環境アセスメント法」（環境影響評価法）が全面的に施行された。このことにより、これまでの要綱に基づく行政指導から法律による義務づけが行われることとなった。

環境アセスメントは1969年（昭和44年）にアメリカで、世界で初めて制度化された。我が国では昭和47年に「各種公共事業に係る環境保全対策について」が閣議了承され、環境アセスメントがスタートした。個別の法律に必要な規定を取り入れたり、行政指導を行うこと、地方公共団体の条例や要綱等により、道路、ダム、埋め立て、新幹線等の事業について順次実施されてきた。

昭和59年にはこれらすべての事業に対する共通ルールが設けられ、地方公共団体においても条例の制定などをはじめとして、環境に対する配慮が積極的に活発に行われるようになった。

平成5年に制定された

「環境基本法」では環境アセスメントの推進がうたわれ、これを契機に従来の内容をさらに充実・改善した形で「環境アセスメント法」が誕生した。この法律は平成9年に成立し、今年（平成11年）の6月12日をもって施行された。

今回施行された「環境アセスメント法」によって、道路建設事業やダム建設事業のような開発事業を行う場合には計画段階から、その事業によってもたらされる利益や安全性、採算性だけではなく、その事業が環境にどのような影響を及ぼすかについてもあらかじめ調査し、予測、評価を行ったうえでその結果を公表することが事業者に義務づけ

られた。

すでに一定規模以上の公共事業においては、昭和47年より環境アセスメントの考え方が導入され、実行されているが、今回の「環境アセスメント法」では対象事業を13に拡大し、一定規模以下の事業についても個別に「環境アセスメント法」の対象となるかを判定することになっている。

環境に及ぼす影響を評価する項目も、従来の公害防止や自然環境の保全といったものだけではなく、廃棄物、生態系、人と自然のふれあいなどの新たな項目が追加されている。

「環境アセスメント法」の対象事業一覧表を表-1に示す。

この一覧表の「第一種事業」は環境アセスメントを必ず行わなければならない事業であり、必要かどうかを個別に判断する事業を「第二種事業」として区分し

表-1 環境アセスメント法の対象事業一覧

	第一種事業 必ず環境アセスメントを行なう事業	第二種事業 環境アセスメントが必要かどうかを個別に判断する事業
1 道路	高速自動車国道 首都高速道路 一般国道 大規模林道	すべて 4車線以上のもの 4車線・10km以上 2車線・20km以上
2 河川	ダム、堰 放水路、湖沼開発	湛水面積100ha以上 土地改変面積100ha以上
3 鉄道	新幹線鉄道 鉄道、軌道	湛水面積75ha～100ha 土地改変面積75ha～100ha
4 飛行場		
5 発電所	水力発電所 火力発電所 地熱発電所 原子力発電所	すべて 長さ10km以上 滑走路長2500m以上
6 廃棄物最終処分場		長さ7.5km～10km 滑走路長1875m～2500m
7 埋立て、干拓		
8 土地区画整理事業		
9 新住宅市街地開発事業		
10 工業団地造成事業		
11 新都市基盤整備事業		
12 流通業務団地造成事業		
13 宅地の造成の事業		
○港湾計画（＊）		

埋立・掘込み面積の合計300ha以上

（＊）港湾計画については、港湾環境アセスメントの対象となる

ている。これは環境に及ぼす影響の度合いが必ずしも事業の規模だけで左右されるものではないためである。

法は、環境基本法第14条各号に掲げる事項の確保を旨として環境アセスメントを行うために必要な項目を対象としている。一方、一部の地方制度においては、「環境」の概念をさらに広く捉え、たとえば地域のコミュニティーの維持、安全、電波障害などについても評価対象としているものもある。

評価の対象となる環境要素の項目については表-2に示す。

道路事業は環境アセスメント法の対象事業として深く関係するため、今後CO₂等の環境への負荷の問題、騒音対策の問題、臭い、景観、廃棄物、リサイクルの問題等アスファルトに関しても既に取り組まれてきて

表-2 評価等の対象となる環境要素の項目

◎環境の自然的構成要素の良好な状態の保持	
○大気環境	・大気質・騒音・振動・悪臭・その他
○水環境	・水質・底質・地下水・その他
○土壤環境、その他の環境	・地形・地質・地盤・土壤・その他
◎生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全	
○植物	○生態系
◎人と自然との豊かな触れ合い	
○景観	○触れ合い活動の場
◎環境への負荷	
○廃棄物等	○室温効果ガス等

いるテーマもあれば今後検討が必要となってくるテーマもある。

アスファルトをとりまく環境問題についても、環境アセスメント法に関する当事者の役割と評価プロセスの手順について今後、各分野における動きが今まで以上に活発化することが予測される。

[青木 秀樹 昭和シェル石油株中央研究所]

石油アスファルト統計年報（平成10年度版）

A4：26ページ ¥500（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。

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

一目 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

<統計資料>

1. 石油アスファルト需給実績（総括表）

(単位：千t)

項目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	19	5,963	313	6,276
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
5 年 度上期	244	2,910	(98.0)	1	3,155	2,803	(96.9)	26	2,829	329	3,158
5 年 度下期	329	3,209	(101.8)	1	3,539	3,233	(100.5)	79	3,312	238	3,550
5 年 度	244	6,119	(100.0)	2	6,365	6,036	(98.8)	105	6,141	238	6,379
6 年 度上期	238	2,954	(101.5)	1	3,193	2,761	(98.5)	60	2,821	377	3,198
6 年 度下期	377	3,070	(95.7)	0	3,447	3,073	(95.1)	112	3,185	272	3,457
6 年 度	238	6,024	(98.4)	1	6,263	5,834	(96.7)	172	6,006	272	6,278
7 年 度上期	272	2,814	(95.3)	0	3,086	2,620	(94.9)	175	2,795	300	3,095
7 年 度下期	300	3,211	(104.6)	1	3,512	3,077	(100.1)	168	3,245	271	3,516
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
10.1 ~ 3月	290	1,508	(98.6)	1	1,799	1,510	(99.5)	13	1,523	283	1,806
9 年 度下期	318	3,084	(98.6)	1	3,403	3,046	(98.8)	89	3,135	283	3,418
9 年 度	268	5,875	(96.8)	4	6,147	5,632	(96.8)	256	5,888	283	6,171
10.4 ~ 6月	283	1,256	(98.3)	0	1,539	1,142	(97.5)	40	1,182	343	1,525
7 月	343	456	(85.4)	0	799	420	(89.9)	14	434	347	781
8 月	347	458	(95.8)	0	805	399	(88.1)	24	423	358	781
9 月	358	443	(88.4)	0	801	420	(84.8)	25	445	334	779
7 ~ 9月	343	1,357	(89.7)	0	1,700	1,239	(87.6)	63	1,302	334	1,636
10年度上期	283	2,613	(93.6)	0	2,896	2,381	(92.1)	103	2,484	334	2,818
10月	334	457	(88.9)	0	791	457	(90.5)	24	481	290	771
11月	290	529	(94.3)	0	819	492	(98.0)	15	507	290	797
12月	290	537	(107.2)	1	828	499	(94.3)	11	510	292	802
10~12月	334	1,524	(96.6)	1	1,858	1,448	(94.3)	50	1,498	292	1,790
11. 1月	292	391	(104.0)	0	683	315	(94.0)	6	321	331	652
2 月	331	446	(97.2)	0	777	401	(88.3)	9	410	339	749
3 月	339	660	(98.1)	0	999	661	(91.7)	5	666	302	968
1 ~ 3月	292	1,497	(99.3)	0	1,789	1,377	(91.2)	20	1,396	302	1,698
10年度下期	334	3,021	(98.0)	1	3,356	2,825	(92.7)	70	2,894	302	3,196
10 年 度	283	5,634	(95.9)	1	5,918	5,206	(92.4)	173	5,378	302	5,680
11. 4月	302	459	(91.3)	0	761	387	(92.6)	7	394	337	731
5 月	337	366	(96.6)	0	703	307	(88.5)	22	329	362	691
6 月	362	347	(92.8)	0	709	328	(87.0)	17	345	339	684
4 ~ 6月	302	1,172	(93.3)	0	1,474	1,022	(89.5)	46	1,068	339	1,407
7 月	339	389	(85.3)	0	728	385	(91.7)	22	407	314	721
8 月	224	472	(103.1)	18	696	389	(97.4)	29	418	334	752

〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 11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			合 計	ストレート・アスファルト			合 計	
	道路用	工業用	燃焼用		道路用	工業用	燃焼用		
63年度	4,307	421	967	5,695	258	5,953	101.3	117.3	97.2
元年度	4,360	447	932	5,739	251	5,990	101.2	106.2	96.3
2年度	4,416	606	929	5,951	254	6,205	101.3	135.6	99.7
3年度	4,317	590	796	5,703	241	5,944	97.8	97.4	85.7
4年度	4,559	568	741	5,868	241	6,109	105.6	96.3	93.1
5年度上期	2,022	265	404	2,691	112	2,803	93.9	104.7	108.6
5年度下期	2,315	336	456	3,107	126	3,233	96.2	106.7	123.6
5年度	4,337	601	860	5,798	238	6,036	95.1	105.8	116.1
6年度上期	1,939	257	455	2,651	110	2,761	95.9	97.0	112.6
6年度下期	2,190	249	513	2,952	121	3,073	94.6	74.1	112.5
6年度	4,129	506	968	5,603	231	5,834	95.2	84.2	112.6
7年度上期	1,838	212	468	2,518	102	2,620	94.8	82.5	102.9
7年度下期	2,173	264	510	2,947	130	3,077	99.2	106.0	99.4
7年度	4,011	476	978	5,465	232	5,697	97.1	94.1	101.0
8年度上期	1,890	231	508	2,629	106	2,735	102.8	109.0	108.5
8年度下期	2,156	265	540	2,961	121	3,082	99.2	100.4	105.9
8年度	4,046	496	1,048	5,590	227	5,817	100.9	104.2	107.2
9年度上期	1,757	219	511	2,487	99	2,586	93.0	94.8	100.6
10.1～3月	1,058	145	253	1,456	54	1,510	101.3	112.4	88.8
9年度下期	2,152	275	508	2,935	111	3,046	99.8	103.8	94.1
9年度	3,909	494	1,019	5,422	210	5,632	96.6	99.6	97.2
10.4～6月	737	120	242	1,099	43	1,142	86.9	285.7	103.9
7月	277	38	88	403	17	420	89.9	66.7	103.5
8月	246	42	97	385	14	399	84.8	89.4	97.0
9月	269	32	102	403	17	420	86.5	43.8	109.7
7～9月	792	112	287	1,191	48	1,239	87.1	63.3	103.2
10年度上月	1,529	232	529	2,290	91	2,381	87.0	105.9	103.5
10月	319	28	92	439	18	457	87.4	53.8	137.3
11月	351	41	81	473	19	492	100.9	78.8	96.4
12月	367	24	91	482	17	499	96.3	92.3	87.5
10～12月	1,037	93	264	1,394	54	1,448	94.8	71.5	103.5
11. 1月	193	35	70	298	17	315	106.0	70.0	81.4
2月	284	40	61	385	16	401	96.6	76.9	67.8
3月	557	17	72	646	15	661	95.7	39.5	93.5
1～3月	1,034	92	203	1,329	48	1,377	97.7	63.4	80.2
10年度下期	2,071	185	467	2,723	102	2,825	96.2	67.3	91.9
10年度	3,600	417	996	5,013	193	5,206	92.1	84.4	97.7
11. 4月	276	12	85	373	14	387	97.5	26.7	110.4
5月	199	19	75	293	14	307	94.8	51.4	87.2
6月	231	10	71	312	16	328	94.7	26.3	89.9
4～6月	706	41	231	978	44	1,022	95.8	34.2	95.5
7月	271	12	87	370	15	385	97.8	31.6	98.9
8月	257	18	98	373	15	389	104.8	43.5	100.1
								95.9	105.2
									97.4

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 11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、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-(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

年月	区分	0~10	10~20	20~40	40~60	60~80	80~100	100~120
9 年度上期	3,619	0	943	139,856	2,790,953	889,220	62	
	3,165	0	931	141,320	2,789,646	890,986	21	
	1,676	0	308	63,109	1,262,533	403,555	10	
9 年度下期	1,489	0	623	78,211	1,527,113	487,431	11	
	2,262	0	691	102,226	2,597,297	805,100	11	
	2,371	0	681	101,020	2,544,619	835,889	0	
10 年度上期	1,118	0	325	41,743	1,093,940	327,640	0	
	1,253	0	356	59,277	1,450,679	508,249	0	
	592	0	201	30,367	798,013	198,742	11	
4 ~ 6 月	554	0	62	18,055	538,601	157,088	0	
	564	0	263	23,688	555,339	170,552	0	
11 12 10~12月	185	0	52	10,405	239,232	94,287	0	
	214	0	74	9,414	241,217	106,082	0	
	552	0	165	30,116	705,344	278,718	0	
11年 1月 2 3 1 ~ 3 月	181	0	36	5,865	135,853	43,252	0	
	209	0	61	8,687	203,410	63,103	0	
	311	0	94	14,609	406,072	123,176	0	
4 ~ 6 月	701	0	191	29,161	745,335	229,531	0	
	182	0	4	7,397	200,961	56,274	0	
	152	0	22	6,290	142,435	43,177	0	
7 8 9 7 ~ 9 月	120	0	0	6,701	159,319	62,195	0	
	554	0	62	18,055	538,601	157,088	0	
	190	0	38	8,802	191,299	64,660	0	
7 ~ 9 月	154	0	27	9,015	183,378	63,136	0	
	581	0	111	10,273	206,092	65,718	0	
	925	0	176	28,090	580,769	193,514	0	
10	137	0	134	9,441	209,485	85,741	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
9 年度上期	0	169,218	0	478,192	1,050,577	0	0	5,522,640
	0	171,896	0	494,950	1,020,044	0	0	5,512,959
	0	71,644	0	219,071	510,627	0	0	2,532,533
9 年度下期	0	100,252	0	275,879	509,417	0	0	2,980,426
	0	177,933	0	470,583	1,045,239	0	0	5,522,640
	0	177,882	0	417,531	994,259	0	0	5,512,959
10 年度上期	0	73,058	0	231,743	528,348	0	0	2,532,533
	0	104,824	0	185,788	465,911	0	0	2,980,426
	0	52,971	0	145,352	253,856	0	0	1,480,105
1 ~ 3 月 4 ~ 6 月 7 ~ 9 月	0	35,290	0	120,011	241,427	547	1,111,635	
	0	37,768	0	111,732	286,921	414	1,187,241	
	0	18,992	0	41,185	80,897	209	485,444	
11 12 10~12月	0	16,724	0	23,916	90,622	186	488,449	
	0	51,904	0	93,488	263,035	565	1,423,887	
	0	13,283	0	35,239	69,860	115	303,684	
11年 1月 2 3 1 ~ 3 月	0	16,453	0	39,832	61,181	229	393,165	
	0	23,184	0	17,229	71,835	627	657,137	
	0	52,920	0	92,300	202,876	971	1,353,986	
4 ~ 6 月	0	11,786	0	11,954	84,903	199	373,660	
	0	10,840	0	18,814	74,587	116	296,433	
	0	11,432	0	9,777	71,348	108	321,000	
7 ~ 9 月	0	35,290	0	120,011	241,427	547	1,111,635	
	0	12,443	0	11,909	87,470	178	376,989	
	0	11,254	0	18,336	97,597	438	383,335	
9 7 ~ 9 月	40	14,239	0	13,343	99,964	148	410,509	
	40	37,936	0	43,588	285,031	764	1,170,833	
10	106	13,780	0	15,627	81,597	122	416,170	

<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	7.1コンパウンド	特殊アス	道路舗装用	その他の	計
9 9 上 下	年 度 期 期	3,370	3	60,793	34,208	47	242	104,672	1,454	10,021	0	214,810
		3,139	4	59,304	30,718	37	241	101,590	1,347	12,210	0	208,590
		1,571	1	43,813	2,616	21	121	43,944	649	4,457	0	97,193
		1,568	3	15,491	28,102	16	120	57,646	698	7,753	0	111,397
10 10 上 下	年 度 期 期	2,394	38	52,907	30,479	75	291	97,543	1,477	15,628	0	200,832
		2,476	49	51,746	30,549	87	336	93,642	1,700	14,286	0	194,871
		1,119	19	38,938	1,766	47	131	43,045	698	6,958	0	92,721
		1,357	30	12,808	28,778	40	205	50,597	1,002	7,328	0	102,150
1~3月 4~6月 7~9月		729	1	8,357	12,617	10	60	26,326	318	5,290	0	53,708
		543	2	19,383	609	23	40	19,276	383	3,556	0	43,815
		576	17	19,555	1,157	24	91	23,769	315	3,402	0	48,906
11 12 10~12月		167	7	1,635	5,596	4	40	9,888	161	1,359	0	18,857
		212	4	1,408	5,701	12	60	9,188	164	617	0	17,366
		546	18	5,612	16,096	18	100	28,172	461	3,380	0	54,403
11年1月 2 3 1~3月		255	3	1,234	5,203	1	40	8,685	140	1,089	0	16,650
		281	6	1,219	5,034	3	48	7,521	166	1,750	0	16,028
		275	3	4,743	2,450	18	17	6,219	235	1,109	0	15,069
		811	12	7,196	12,687	22	105	22,425	541	3,948	0	47,747
4~5月 6 4~6月		228	3	6,354	364	30	3	6,213	346	232	28	13,801
		168	4	6,726	137	0	20	5,913	255	651	72	13,946
		145	3	7,414	140	8	20	6,741	226	782	105	15,584
		543	2	19,383	609	23	40	19,276	383	3,556	0	43,815
7 8 9 7~9月		177	3	6,693	109	20	20	6,941	290	772	39	15,064
		196	3	6,677	198	2	20	7,146	265	706	28	15,241
		260	3	7,150	1,214	12	60	10,253	356	988	81	20,377
		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

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

4. 石油アスファルト品種別荷姿別販売量

(単位: t)

年月	区分	ストレート				ブローグ			
		バルク	紙袋	ドラム	計	バルク	紙袋	ドラム	計
9 9 上 下	年 度 期 期	5,518,963	906	2,771	5,522,640	136,742	77,329	739	214,810
		5,509,827	885	2,247	5,512,959	132,906	74,935	749	208,590
		2,530,377	416	1,740	2,532,533	64,598	31,985	610	97,193
		2,979,450	469	507	2,980,426	68,308	42,950	139	111,397
10 10 上 下	年 度 期 期	5,199,865	873	2,130	5,202,868	130,220	70,398	214	200,832
		5,073,638	861	2,250	5,076,749	128,283	66,422	166	194,871
		2,297,461	444	971	2,298,876	62,237	30,408	76	92,721
		2,776,177	417	1,279	2,777,873	66,046	36,014	90	102,150
1~3月 4~6月 7~9月		1,479,615	223	267	1,480,105	33,789	19,834	85	53,708
		1,110,962	210	463	1,111,635	30,368	13,410	37	43,815
		1,186,499	234	508	1,187,241	31,869	16,998	39	48,906
11 12 10~12月		485,073	55	316	485,444	11,880	6,959	18	18,857
		488,124	71	254	488,449	10,683	6,666	17	17,366
		1,422,789	206	892	1,423,887	34,194	20,156	53	54,403
		303,610	61	13	303,684	10,660	5,975	15	16,650
1~3月		393,054	58	53	393,165	10,795	5,222	11	16,028
		656,724	92	321	657,137	10,397	4,661	11	15,069
		1,353,388	211	387	1,353,986	31,852	15,858	37	47,747
4~6月		372,897	58	705	373,660	9,032	4,763	6	13,801
		296,277	44	112	296,433	9,229	4,796	11	13,946
		320,921	57	22	321,000	10,696	4,882	6	15,584
7~9月		1,029,521	210	463	1,111,635	30,368	13,410	37	43,987
		376,848	80	61	376,989	9,698	5,359	7	15,064
		383,208	40	24	383,272	10,255	4,974	12	15,241
		410,460	49	0	410,509	11,702	8,667	8	20,377
10		1,170,516	169	85	1,170,770	31,655	19,000	27	50,682
10		416,046	47	4	416,097	11,143	5,613	11	16,767

(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)

県別	年月	9年 度			10年	10年 度			10年 7~9月	
		9年	上期	下期		上期	下期			
北海道		352,313	350,167	188,201	161,966	296,449	313,535	146,149	167,386	87,558
青森	113,442	113,905	59,259	54,646	98,043	97,479	45,448	52,031	25,218	
岩手	33,625	33,047	16,596	16,451	38,250	39,239	14,368	24,871	7,890	
宮城	201,953	199,153	94,654	104,499	164,899	168,816	69,427	99,389	36,587	
秋田	80,434	79,126	42,687	36,439	63,859	64,511	29,843	34,668	15,709	
山形	29,121	26,864	14,072	12,792	26,750	27,726	13,113	14,613	6,872	
福島	78,470	85,277	35,684	49,593	81,725	80,270	31,420	48,850	15,842	
東北 計	537,045	537,372	262,952	274,420	473,526	478,041	203,619	274,422	108,118	
茨城	173,409	153,855	68,921	84,934	176,705	209,062	79,400	129,662	59,789	
栃木	32,679	32,910	12,873	20,037	32,069	31,926	12,577	19,349	6,111	
群馬	33,072	33,722	15,206	18,516	29,703	27,107	13,686	13,421	6,206	
埼玉	113,115	109,426	47,549	61,877	116,492	120,015	51,686	68,329	27,150	
千葉	120,429	129,261	49,485	79,776	134,802	133,392	52,945	80,447	28,564	
東京	727,205	682,873	320,096	362,777	627,591	629,797	272,831	356,966	139,070	
神奈	116,811	124,200	46,893	77,307	121,275	114,700	49,112	65,588	24,396	
山梨	13,582	11,664	6,111	5,553	10,093	11,137	4,699	6,438	2,368	
長野	45,378	42,497	22,676	19,821	36,594	37,113	17,664	19,449	8,388	
新潟	125,556	122,464	66,029	56,435	101,406	100,480	44,445	56,035	23,813	
静岡	163,028	160,505	73,627	86,878	162,856	139,415	72,919	66,496	38,831	
関東 計	1,664,264	1,603,377	729,466	873,911	1,549,326	1,553,884	671,704	882,180	364,686	
愛知	327,069	343,359	139,021	204,338	347,202	339,624	134,150	205,474	69,755	
三岐	46,378	49,320	20,018	29,302	52,119	50,909	22,170	28,739	11,011	
富山	29,162	28,870	12,211	16,659	29,300	30,201	11,895	18,306	6,478	
石川	37,449	39,838	19,674	20,164	37,511	34,914	17,435	17,479	9,128	
中部 計	461,059	481,315	200,363	280,952	484,850	474,141	194,083	280,058	100,525	
福井	14,959	14,817	7,525	7,292	14,604	14,315	7,075	7,240	3,156	
滋賀	39,175	37,952	17,596	20,356	31,859	28,855	12,829	16,026	5,732	
京都	12,486	12,415	5,306	7,109	8,838	7,329	3,082	4,247	1,320	
大阪	390,727	383,758	170,896	212,862	359,565	352,854	155,630	197,224	73,187	
兵庫	280,119	271,380	130,578	140,802	221,227	205,741	93,979	111,762	49,971	
奈良	2,083	1,533	1,312	221	1,079	1,276	787	489	628	
和歌	49,351	49,361	21,180	28,181	46,856	44,755	19,228	25,527	9,326	
近畿 計	788,900	771,216	354,393	416,823	684,028	655,125	292,610	362,515	143,320	
岡山	573,060	601,423	267,541	333,882	592,897	534,780	297,673	237,107	141,982	
広島	144,851	149,477	67,203	82,274	153,250	153,474	68,530	84,944	35,948	
山口	527,692	519,662	267,071	252,591	500,184	451,479	259,241	192,238	129,126	
鳥取	33,809	34,535	14,608	19,927	30,044	27,975	12,931	15,044	6,204	
島根	27,708	28,387	12,039	16,348	25,784	23,993	9,859	14,134	4,176	
中国 計	1,307,120	1,333,484	628,462	705,022	1,302,159	1,191,701	648,234	543,467	317,436	
徳島	48,334	51,842	23,570	28,272	38,715	36,673	14,255	22,418	7,226	
香川	67,432	66,638	31,731	34,907	59,824	60,525	26,265	34,260	12,611	
愛媛	56,267	56,481	24,529	31,952	56,528	58,023	23,569	34,454	12,350	
高知	21,981	24,147	8,815	15,332	23,333	22,007	8,982	13,025	4,549	
四国 計	194,014	199,108	88,645	110,463	178,400	177,228	73,071	104,157	36,736	
福岡	200,440	209,646	89,378	120,268	201,971	198,159	79,289	118,870	36,145	
佐賀	11,513	11,115	4,981	6,134	12,008	12,016	5,796	6,220	3,376	
長崎	23,882	21,306	8,041	13,265	22,992	22,221	6,494	15,727	3,693	
熊本	41,725	42,314	17,347	24,967	40,152	39,604	14,259	25,345	7,334	
大分	32,886	34,162	14,485	19,677	33,275	32,068	12,927	19,141	6,694	
宮崎	36,871	34,637	13,444	21,193	32,467	33,183	12,971	20,212	6,560	
鹿児島	65,996	69,494	22,897	46,597	72,751	73,888	23,753	50,135	11,983	
九州 計	413,313	422,674	170,573	252,101	415,616	411,139	155,489	255,650	75,785	
沖縄	19,422	22,836	6,671	16,165	19,346	16,826	6,638	10,188	1,983	
総 計	5,737,450	5,721,549	2,629,726	3,091,823	5,403,700	5,271,620	2,391,597	2,880,023	1,236,147	

(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)

10年 10~12月	11年 1~3月	5	6	11年 4~6	7	8	9	11年 7~9	10
128,415	38,971	16,820	31,254	48,074	30,996	28,201	30,678	89,875	37,857
31,704	20,327	5,357	8,475	19,818	9,708	7,315	8,716	25,109	9,799
16,186	8,685	2,008	3,431	8,128	4,127	2,976	4,115	11,218	3,251
48,141	51,248	5,827	9,062	25,171	12,194	8,504	11,108	31,806	11,648
22,261	12,407	2,865	4,741	11,597	5,442	4,564	5,341	15,347	5,865
8,510	6,103	1,959	3,301	6,736	3,360	3,564	4,333	11,257	4,542
24,357	24,493	2,835	5,272	13,142	4,056	4,628	6,066	14,750	7,116
151,159	123,263	20,851	34,282	84,592	38,257	31,551	39,679	109,487	42,221
58,920	70,742	8,692	5,421	28,483	15,072	22,645	25,022	62,739	18,824
8,449	10,900	2,607	2,913	9,161	2,550	2,412	2,661	7,623	2,572
6,724	6,697	1,737	1,798	5,407	2,319	2,340	2,150	6,809	2,258
33,231	35,098	7,242	8,767	25,123	9,513	8,376	10,472	28,361	9,191
36,715	43,732	7,983	7,920	24,216	9,519	10,892	12,848	33,259	11,775
170,627	186,339	37,002	41,522	126,320	44,450	45,618	48,194	138,262	49,856
31,110	34,478	7,086	8,686	24,159	10,160	9,590	11,565	31,315	11,016
2,777	3,661	618	592	2,190	609	726	942	2,277	834
12,257	7,192	2,691	2,828	10,158	3,312	3,665	3,243	10,220	3,822
36,329	19,706	6,878	9,848	25,199	10,236	9,170	9,044	28,450	9,487
42,611	23,885	12,549	11,962	33,678	12,717	23,048	23,948	59,713	23,628
439,750	442,430	95,085	102,257	314,094	120,457	138,482	150,089	409,028	143,263
98,671	106,803	17,978	18,466	61,653	24,175	23,638	24,231	72,044	27,988
14,122	14,617	3,865	3,502	12,161	4,902	4,479	4,037	13,418	3,404
9,777	8,529	2,040	2,613	7,688	3,478	4,279	3,029	10,786	3,812
10,440	7,039	3,566	2,221	8,915	3,190	3,025	4,499	10,714	4,398
5,807	4,253	1,005	1,194	3,972	1,651	1,432	1,502	4,585	1,687
138,817	141,241	28,454	27,996	94,389	37,396	36,853	37,298	111,547	41,289
4,373	2,867	1,153	1,124	4,053	1,228	1,134	1,055	3,417	1,097
8,134	7,892	1,639	1,827	6,301	2,161	1,994	2,145	6,300	2,414
2,300	1,947	616	817	2,491	862	562	719	2,143	582
94,010	103,214	19,824	19,504	70,485	19,015	19,906	23,425	62,346	32,055
54,195	57,567	12,606	12,958	44,061	16,655	20,842	24,786	62,283	17,961
149	340	77	111	212	86	22	294	402	93
11,919	13,608	3,200	2,185	10,186	3,162	2,904	2,137	8,203	2,873
175,080	187,435	39,115	38,526	137,789	43,169	47,364	54,561	145,094	57,075
120,240	116,867	29,339	17,297	67,317	10,452	18,193	11,285	39,930	6,247
38,957	45,987	9,235	8,536	31,185	10,468	10,539	11,508	32,515	10,313
115,981	76,257	39,052	40,328	124,135	55,321	40,739	43,114	139,174	40,073
7,534	7,510	1,481	1,314	5,108	1,826	1,708	2,155	5,689	1,895
7,055	7,079	1,319	1,448	4,867	1,938	1,971	1,980	5,889	2,961
289,767	253,700	80,426	68,923	232,612	80,005	73,150	70,042	223,197	61,489
10,845	11,573	1,767	1,940	6,327	2,677	3,080	2,719	8,476	2,700
16,177	18,083	4,554	4,612	13,958	4,391	4,541	4,751	13,683	5,396
14,925	19,529	3,181	3,880	12,662	4,002	4,331	4,968	13,301	5,433
5,701	7,324	1,189	1,134	4,366	1,264	1,244	1,546	4,054	1,901
47,648	56,509	10,691	11,566	37,313	12,334	13,196	13,984	39,514	15,430
48,833	70,037	10,495	10,733	40,565	13,628	14,685	17,408	45,721	14,030
2,743	3,477	679	605	2,299	550	687	571	1,808	1,037
8,141	7,586	679	1,673	3,603	994	2,017	991	4,002	3,159
10,466	14,879	1,793	1,869	6,245	2,745	2,627	2,421	7,793	2,926
8,136	11,005	1,800	2,190	13,012	3,991	3,296	4,165	11,452	5,202
8,155	12,057	1,521	1,415	5,466	2,278	2,429	2,485	7,192	2,989
18,070	32,065	1,463	2,493	7,786	4,598	3,313	5,611	13,522	3,964
104,544	151,106	13,430	20,978	67,731	28,784	29,054	33,652	91,490	33,307
3,110	7,078	507	802	3,241	655	725	903	2,283	1,006
1,478,290	1,401,733	310,379	336,584	1,034,424	392,053	398,576	430,886	1,221,515	432,937

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
鹿島石油株式会社	(102-8542) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9556
九州石油株式会社	(100-8567) 千代田区内幸町2-1-1	03 (5512) 8606
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
東燃株式会社	(150-8411) 渋谷区広尾1-1-39	03 (5778) 5179
東北石油株式会社	(985-0901) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1122
日石三菱株式会社	(105-8412) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 9124
日石三菱精製株式会社	(105-8412) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 9187
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]

● 北海道			
株式会社ロード資材	(060-0001) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3976	コスモ
● 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	JOMO
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	(104-0032) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3001	出光
伊藤忠燃料株式会社	(153-8655) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8211	JOMO
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) 2060	日石三菱
株式会社ケイエム商運	(103-0028) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1626	日石三菱
株式会社JOMOサンエナジー	(105-0003) 港区西新橋3-2-1	03 (5400) 5855	JOMO
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

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話	
国光商事株式会社	(164-0003) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231	出光
澤田商行株式会社営業本部	(104-0032) 中央区八丁堀2-21-2	03 (3551) 7131	コスモ
昭石商事株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-1-8	03 (5474) 8511	昭和シェル
新日本商事株式会社	(170-0005) 豊島区南大塚3-32-10	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
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
中西瀬青株式会社	(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	(105-0003) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0777	日石三菱
日東商事株式会社	(170-0002) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7151	昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103-0014) 中央区日本橋蛎殻町1-17-2	03 (3661) 4951	モービル
富士興産アスファルト株式会社	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (3861) 2848	富士興産
富士鉱油株式会社	(105-0003) 港区西新橋1-18-11	03 (3591) 2891	コスモ
富士油業株式会社東京支店	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (5823) 8241	富士興産
丸紅エネルギー株式会社	(101-8322) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171	モービル
三井石油株式会社	(164-8723) 中野区本町1-32-2	03 (5334) 0730	極東石油
ユニ石油株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616	昭和シェル
瀬青販売株式会社	(103-0027) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7691	出光

● 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
株式会社田中石油店	(918-8003) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721	昭和シェル
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

赤馬アスファルト工業株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津3-10-4	06 (6374) 2271	モービル
大阪アスファルト株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津6-3-11朝日印刷紙器ビル3F	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
株式会社ジョモネット山陽	(700-0816) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500	JOMO
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
昭和瀬青工業株式会社	(670-0935) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	JOMO
信和興業株式会社	(700-0927) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691	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
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
富士アスファルト販売株式会社	(550-0003) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (6441) 5195
富士商株式会社	(756-8501) 小野市田稻荷町10-23	0836 (81) 1111
株式会社松宮物産	(522-0021) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608
横田瀝青興業株式会社	(672-8064) 姫路市飾磨区細江995	0792 (33) 0555
株式会社菱芳磁産	(671-1103) 姫路市広畠区西夢前台7-140	0792 (39) 1344
● 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
今別府産業株式会社	(890-0072) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111
三協商事株式会社	(770-0941) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131
サンヨウ株式会社	(815-0037) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615
株式会社ネクステージ九州	(812-0013) 福岡市博多区博多駅東1-1-33	092 (431) 7881
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
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
丸菱株式会社	(812-0011) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561

編集顧問

多田宏行
藤井治芳
松野三朗

編集委員

委員長： 河野 宏	副委員長： 真柴和昌
阿部忠行	大野滋也
荒井孝雄	栗谷川裕造
安崎 裕	小島逸平
太田 亨	田井文夫
	服部 潤

アスファルト 第202号

平成12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 キュービシスシステム株式会社

〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-3224-1251 (代)

Vol.42 No.202 JANUARY 2000

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**