

アスファルト

第42巻 第201号 平成11年10月発行

201

特集・SHRP

特集にあたって	坂本浩行	1
米国におけるSHRP, SUPERPAVEの現況～現地調査～		
渡邊光喜・立石大作・川付正明・武田雄		3
ヨーロッパを中心とした諸外国のSUPERPAVEへの対応と規格の動向		
七五三野茂・鈴木秀輔・小島逸平		12
日本におけるSUPERPAVEの現況	新田弘之	20
SHRPに対するメーカーにおける問題点と対応	青木秀樹	25

<アスファルト舗装技術研究グループ・第34回報告>

繰返し三軸圧縮試験機を用いた路床土と路盤材の復元弾性係数	峰岸順一	28
	阿部長門	

<用語の解説>

性能規定発注	小島逸平	43
60℃粘度試験	青木秀樹	44

<統計資料>

主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況		47
石油アスファルト需給統計資料		48

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。

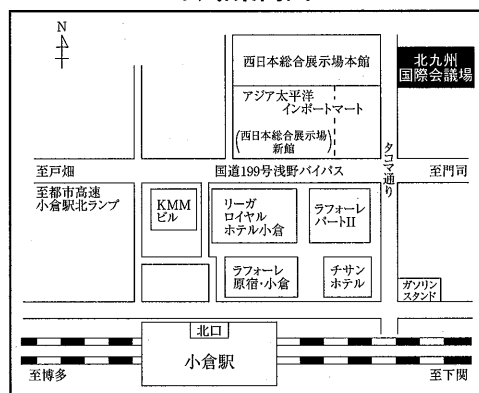
内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

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（申請中）、社団法人 日本道路建設業協会、社団法人 日本アスファルト合材協会
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 アスゼミ係
〒100-0014 東京都千代田区永田町2-10-2 秀和永田町TBRビル514号室
☎03-3502-3956
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 600名（締切日以前でも定員になり次第締め切らせていただきます。）
11. そ の 他
 - ①払い込み済みの参加費は、不参加の場合でも払い戻し致しません。参加者の変更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宿泊のあつ旋は、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



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

特集にあたって

坂本 浩行

(勘土木研究センター技術研究所調査試験二部長
(アスファルト舗装技術委員会 材料開発研究分科会長)

舗装用アスファルトの品質規格は、1950年の日本道路協会「アスファルト舗装要綱」および1956年の「JIS K 2207」に規格が定められて以来、舗装技術の進展、原油事情、交通車両の変化、社会ニーズの変化などに対応して、品質規格の改訂が図られてきている。

一方、米国のSHRP (Strategic Highway Research Program: 新道路研究計画) では、アスファルトおよびアスファルト混合物仕様に対して、舗装の供用性に対応した形で設定するのが合理的であるという考え方に基づいた研究がなされ、これらのアスファルトおよびアスファルト混合物については、既にSUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavement: 供用性に基づく新しいアスファルトおよびアスファルト混合物の仕様) として、その仕様 (案) が示されている。

本分科会では、アスファルトの品質規格と舗装の供用性に着目して定められたと言われている「SHRP」の「SUPERPAVE」を、わが国のアスファルトの品質規格として導入すべきかどうかの検討を進めている。本特集号では、これまでに本分科会の研究活動の一環として進めてきたSHRPに関する以下の調査結果について紹介するものである。

- (1)アメリカにおけるSHRP, SUPERPAVEの現況 - 現地調査 -
- (2)ヨーロッパにおけるSHRP, SUPERPAVEの現況 - 文献およびアンケート調査 -
- (3)日本におけるSHRP, SUPERPAVEの現況
- (4)SHRP, SUPERPAVEをわが国に導入した場合の製造・流通上の問題点

SHRPについてはわが国でも関心が高く、これまでに本誌を始め道路関係雑誌に数多く紹介されているので、ここではその経緯などの概要を紹介する。

アメリカ (合衆国) の道路網は、経済が繁栄を

誇っていた1950年代に精力的に建設が進められ、1970年代にインターステートハイウェイがほぼ完成段階に達したが、それを待たずに道路施設の荒廃が、一般市民は勿論、中央、地方の様々な分野から注目を集めるようになった。オイルショック (1973年) 後の景気低迷の中で、道路管理のための補修予算や道路研究のための投資が抑制され、それが道路網の荒廃を招いた。いわゆる「荒廃するアメリカ」と言われた時期である。車社会のアメリカでは個人の移動や経済生産の90%が道路によって支えられており、道路の問題をないがしろにできない問題となっていく。

このような背景のもとで、1982年10月アメリカ交通省 (DOT) 下の連邦道路局 (FHWA) は道路交通システムを再活性化するため、全米学術会議 (NRC) の下部機構である交通運輸研究委員会 (TRB) にSHRPを委託した。TRBは、関係機関の専門家を集め道路研究に関する基本的検討、評価を行う特別委員会を1983年発足させその成果を1984年に報告した。その骨子は「短期間に集中的、かつ戦略的な道路研究計画を実行することにより投資効果のある成果を期待できる」として研究の基本方針および研究すべき課題を提示した。

SHRP基本的方針の概要は以下のとおりである。

- (1)SHRPは道路の耐久性向上と維持管理技術の革新を図るために特別に予算が割り当てられた計画である。
- (2)目標を定めて総合的、かつ集中的な調査研究を国家的な規模で実施する。
- (3)5年間の期限内に調査研究を終了する。

また、研究すべき課題として以下の6項目をあげている。

- (1)アスファルト
- (2)舗装の長期供用性
- (3)維持の費用効果
- (4)コンクリート橋部材の保護対策

(5)セメントとコンクリート

(6)雪氷対策

SHRP計画は、TRBの報告を受けて、1984年10月に事務局が開設されスタートし、1987年10月～1993年3月の約5年半にわたり研究が行われた。その後、FHWAに事務局が移り長期供用性などの研究と普及活動が行われている。

このうち、アスファルトに関する研究成果として、アスファルトおよびアスファルト混合物に関する材料規格、試験方法、混合物の配合設計方法、供用性評価方法などを定めており、これらを総合して、SUPERPAVEと称している。SUPERPAVEの基本的な思想は、供用性を中心にしてアスファルトから混合物までの材料規格を設定し評価することにある。その具体的な内容としては、

(1) 実験定数から物理定数表示へ

アスファルトバインダーの規格値を普遍的な物理定数で極力表す方向とした。

(2) 供用性の予測を規格に取り込む

適用地域の温度条件に適したバインダを適切に選択し、交通開放後の舗装の破損を小さくすることを目的として、バインダの規格を定める方向とした。すなわち、そのアスファルトが施工後直面する供用性に即したパフォーマンスグレード(PG: PerformanceGrade)とする方向を打ち出した。

本分科会の調査は、主として、各種の文献に基づく調査と書面によるアンケート調査に加え、米国については現地を訪問して発注者、受注者および関係業界団体の意見聴取した結果にもとづいて

現況をまとめたものである。

SHRP発足以来10数年を経た現在、米国ではSHRP、SUPERPAVEは開発段階を経て一般化の段階に入っている。残された問題もあるが一般化と同時平行的にこれらの問題解決に取り組み着実に進展している状況にあると判断される。また、ヨーロッパ諸国についてもアンケート調査などからその基本姿勢がわかったことから、今後、SHRP、SUPERPAVEにわが国がどのように取り組むべきか重要な示唆が得られた。

SHRP、SUPERPAVEのアスファルト規格におけるPG分類は、わが国の原油事情、生産体制および性状調査結果から総合的に判断すると、現状ではメリットは少ないと考えられる。しかし、SHRP、SUPERPAVEのアスファルト仕様における試験では、アスファルト製造から供用後の性状まで評価する試験が網羅されており、非常に合理的であると考えられる。したがって、わが国のアスファルト規格でも場合によっては、導入を検討する価値があると考えられる。当面、検討する項目としては、供用後の性状試験として、PAV試験を日本の舗装用アスファルトの規格試験に取り入れることなどがあげられるが、その他の試験についても、国際化対応などを考慮すると試験研究の継続とデータの蓄積を図っていくことが重要であるといえる。

最後に、SHRP、SUPERPAVEのアンケート調査や現地調査に多大のご協力をいただきました関係各機関および担当各位に深甚の謝意を表します。

アスファルト舗装技術委員会材料開発研分科会名簿

(平成11年6月、敬称略)

氏 名	所 属	氏 名	所 属
◎坂本 浩行 ○森永 教夫	㈱土木研究センター技術研究所 調査試験二部部長 建設省河川局 河川環境課都市河川室長 (平成9年9月～平成10年3月まで)	七五三野茂 鈴木 秀輔 武田 雄	日本道路公団試験研究所 舗装研究室長 大成ロテック㈱技術研究所 課長代理 日本道路㈱技術本部技術研究所 第三研究室主任研究員
青木 秀樹 荒井 孝雄 池田 拓哉 川付 正明	昭和シェル石油㈱中央研究所 研究第三課長 グリーンコンサルタント㈱技術部 専門部長 建設省土木研究所道路部 舗装研究室長 ㈱コスモ総合研究所第一研究室 アスファルトグループ研究員	立石 大作	日石三菱㈱中央技術研究所 石油利用グループ主任
小島 逸平 小林 耕平	㈱ガイアートクマガイ 技術研究所長 ニチレキ㈱技術研究所長	姫野 賢治 峰岸 順一 渡邊 光喜	中央大学理工学部土木工学科教授 東京都土木技術研究所 技術部 出光興産㈱製造部 石油技術センター燃料油技術課

◎：分科会長

○：前分科会長

米国におけるSHRP, SUPERPAVEの現況～現地調査～

(The Status quo of the SHRP, SUPERPAVE in U.S.A ~Field survey~)

渡 邊 光 喜*, 立 石 大 作**
川 付 正 明***, 武 田 雄****

SHRPの研究開発国である米国において、従来のアスファルト舗装にどのような問題点がありSHRPが開始されたのか、その背景を明確にするとともに、SHRPで開発されたSUPERPAVEの導入状況及び導入の前後で発生した問題点とその対処について、現地調査を実施した。

ここでは政府（連邦、州）関連機関、アスファルトメーカー、米国アスファルト協会(AI)、道路会社団体等を訪問し、聞き取り調査した内容とSHRP関連の国際会議である「SUPERPAVE: Today and Tomorrow」会議で得た内容について紹介する。

なお、一部の内容について、重複や聴取先によるデータの違いが見られるがここでは調査結果に忠実に基づき報告する。

1. 現地調査

1.1 政府（連邦、州）関連機関

1) 調査先

- ①Federal Highway Administration (FHWA: 米連邦道路局)
- ②Virginia Transportation Research Council (VTRC: ヴァージニア州運輸研究所)
- ③Washington Department of Transportation (WADOT: ワシントン州運輸省)
- ④Kentucky Transportation Cabinet (KTC: ケンタッキー州運輸省交通局)

2) 内容

(1) SHRP検討の背景¹⁾

米国では1973年の石油ショックによる景気低迷で公共事業の予算が減少し、その影響が1970年代後半に道路品質の低下という形で現れてきた。

その後、1982年に積載量上限が73,280lbs（約33.2 t）から80,000lbs（約36.3 t）に約10%引き上げられたことにより、舗装への負荷としては40～50%増加したと考えられ、さらにはラジアルタイヤの普及によるタイヤの接地圧力の増加等、舗装に対する負荷はますます高まることとなった。

アスファルト混合物についても、アスファルト再生材の混合により混合物の供用性が低下していった。

さらに、アスファルト品質に影響を及ぼす製造原油について着目すると、米国では石油ショック以後、中東原油を輸入できなくなり、主に国産原油を使用してきた。しかし、原油事情の変化により、1980年代から輸入原油の比率が高まり、この傾向は今後さらに進んでいくと予想されている（図-1）²⁾。ま

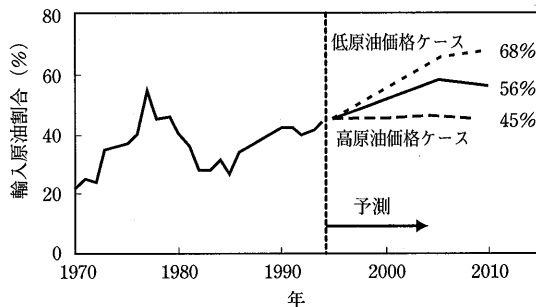


図-1 米国における輸入原油の割合推移と予想⁴⁾

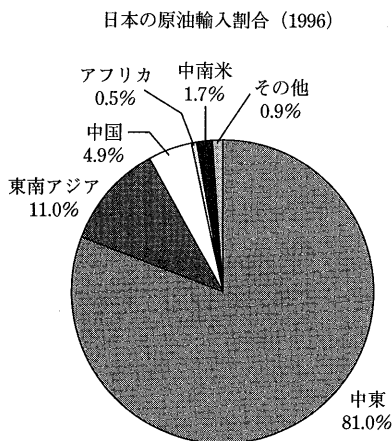
た、輸入原油は北海、中東、南米、アフリカと多様化しており（図-2）^{2), 3)}、製造原油の多様化による品質のばらつきが懸念され、舗装負荷の増加、再

*わたなべ みつよし 出光興産(株)製造部石油技術センター燃料油技術課

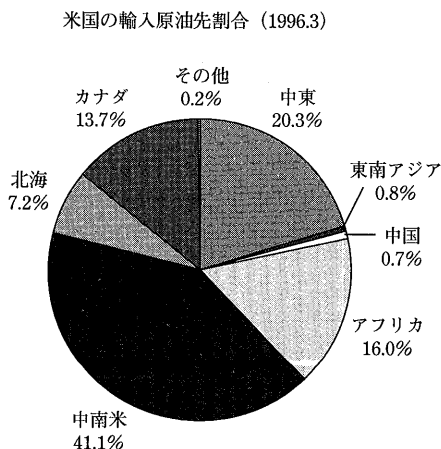
**たていし だいさく 日石三菱(株)中央技術研究所石油利用グループ

***かわつき まさあき (株)コスモ総合研究所第一研究室

****たけだ ゆたか 日本道路(株)技術本部技術研究所第三研究室



出典：通産省「エネルギー生産・需給統計年報」



出典：Rising tide of U.S. oil imports sparks debate on energy security, Oil & Gas Journal, June 17, 16 (1996)

図-2 日本と米国の原油輸入先の比較

生材混合等とともに従来の取り組みでは道路品質の低下を解決できないと考えられるようになった。

一方、従来の規格については、以下の2つの問題が指摘されていた。

①試験法の問題

- ・アスファルトの低温性状を測定する試験が規格に入っていないため、低温ひびわれのような低温時の耐久性を評価できない。
- ・経験的な手法であり、使用量の増加している改質アスファルト等の新材料の特徴を十分に把握できていない。
- ・長期の供用後の劣化を評価する試験がない。

②規格増加の問題

- ・米国ではASTMに針入度分類規格、60℃粘度分類規格 (AC)、回転薄膜加熱試験後の60℃粘度分類規格 (AR) があり、各州が独自に規格を採用してきた。

- ・改質アスファルトにはストレートアスファルトとは別の規格が存在する。

以上の問題点を解決することを目的として新しい規格の開発が行われた。すなわち、供用性と相関が高く、かつ改質アスファルト、アスファルト再生材等の新しい材料も十分に特徴を把握できる規格および配合設計方法为目标としたものであった。

(2) 米国の現状

SUPERPAVEはバインド規格、混合物デザイン、混合物評価までを含めて検討されてきた。このうち、バインド規格、混合物配合設計については既にAASHTO規格化されている。特にバインド規格については3/4の州が既に導入済 (図-3) であり、FHWAとしては2000年に全米への導入終了を目標としている。また、州によってはオレゴン州、カリフォルニア州のように導入検討はしないとしている州もある。

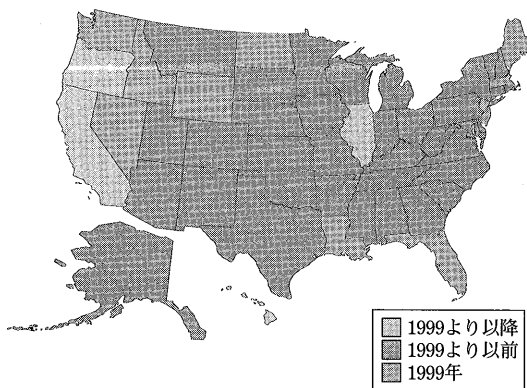


図-3 SUPERPAVEバインダー仕様導入状況

一方、配合設計については、バインド規格に遅れる (図-4) もの、2000年には約80%のシェアを占めると予想されている (図-5)。

また、SUPERPAVE普及促進のためにFHWAを中心として、多くの試みがなされている。その主なものを紹介する。

①SUPERPAVE CENTER

5つの地域にSUPERPAVE CENTERがFHWAお

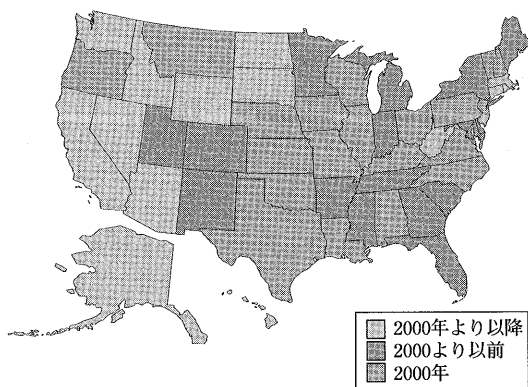


図-4 SUPERPAVE配合設計導入状況

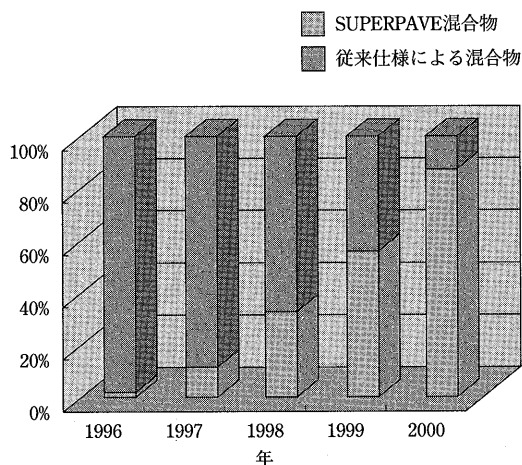


図-5 SUPERPAVE混合物マーケットシェアの推移

および設置州のDOTにより設置された。その目的は

- ・適用箇所の調査を通じたSUPERPAVE成果の評価と向上
- ・共通のSUPERPAVE技術の援助と推進
- ・マネージメントレベルの職員への情報源
- ・SUPERPAVE技術のトレーニング
- ・SUPERPAVE CENTERパートナーへの試験および技術的な助言である。

設置されているセンターは以下の通りである。

- ・SOUTH CENTRAL SUPERPAVE CENTER
(SUPERPAVE CENTER at Austin)
University of Texas
- ・NOUTHEASTERN SUPERPAVE CENTER
Pennsylvania State University
- ・NORTH CENTRAL SUPERPAVE CENTER
Purdue University

- ・WESTERN SUPERPAVE CENTER
(Rocky Mountain SUPERPAVE CENTER)
University of Nevada
- ・SOUTHEASTERN SUPERPAVE CENTER
Auburn University

②SUPERPAVE LEAD STATE TEAM

1996年 AASHTOが開始したLEAD STATE PROGRAMの一部。SUPERPAVEシステムの導入推進のために設置された。メンバーとなる州はSUPERPAVEシステムの適用、施工において先行して検討を行なう。また、各州のプランに基づく調査によってSUPERPAVEの導入推進を図る。メンバーはFlorida, Indiana, Maryland, New York, Texas, Utahの各州である。

③NATC (National Asphalt Training Center)

FHWAが米国アスファルト協会 (AI) 内に設置したSUPERPAVEのトレーニングセンター。バインダおよび混合物のトレーニングコースを有している。

(3) 現状の課題

①舗装の供用性との関係

SUPERPAVEはアスファルトを物理的に評価し、舗装の供用性との相関を高めることを大きな目標としているが、この関係は現時点では明確になっていない。この原因としてはSUPERPAVEによる施工後の供用性評価に時間がかかることも一つであるが、最大の原因はSUPERPAVE混合物の評価方法が明確化されていないことにある。アスファルトバインダの試験法、規格はすでにAASHTO規格化されているが、混合物の試験法については未だ確立されていない。

そのため、バインダはSUPERPAVE規格で、混合物の評価は従来の方法で行なうということが起きている。

現状はSUPERPAVEの導入効果を実際の道路において検証しているという段階である。

②試験法の改良

バインダ試験法については、AASHTO規格化されたあとも幾つかの検討が行われている。

・RTFOT (回転式薄膜加熱試験)

アスファルト混合物製造時の加熱劣化をシミュレートした薄膜加熱試験は当初、TFOT (薄膜加熱試験) もしくはRTFOTのどちらかを選択できることとなっていたが、最新の規格ではRTFOT

のみとなっている。FHWAの話ではストレートアスファルトの場合TFOTでも問題ないが、改質アスファルトではRTFOTの方が適当であるとのことであった。さらに、高粘度改質アスファルトでは、粘度が高すぎて、試験中に試料を薄膜状にすることが難しいために、試料容器中にスチールロッドを入れ、試験中に攪拌する改良を検討中であった。

・DSR

DSR代替法としてメルトフローを用いた検討や測定精度向上のためパラレルプレートの直径を変更する検討がFHWAで実施されていた。

・DTT

DTT試験はその試験の必要性が問われている段階であり、低温性状はBBRのみでよいとする、DTT試験不要論も一部の州では聞かれた。

一方、精度向上のためFHWAでは従来の空気浴、縦形のものから、液浴、横形の試験器のものが提案されていた。さらに試験片保持部は従来のプラスチック製から金属製に変更されていた。

・その他

改質アスファルトについて、現時点ではSUPERPAVEのみではなく、その他の試験（リカバリー試験）を追加規定している例がある。

③要求PGの決定⁴⁾

SUPERPAVEは舗装温度を基準として必要なPGを求めるものである。舗装温度の決定には気温からの推定モデル（回帰式）が使用されている。

当初規定されたSHRPモデルは最低路面温度が実際より低く算出されるという理由により、その後カナダ（C-SHRP）の検討結果から新たなモデルが提案された。しかしながら、このC-SHRPモデルによっても高緯度地域以外では同様の問題が生じることが判り、LTPP調査の結果からLTPPモデルが提案された。以下に各モデルを示す。なお、各モデルとも過去20年間以上の気象データを元に平均値および標準偏差（ $=\sigma$ ）を求め、その値を使用することとなっている。

・SHRPモデル

$$T_{pav} = T_{air}$$

T_{pav} : 舗装表面最低温度, $^{\circ}\text{C}$

T_{air} : 低温側気温, $^{\circ}\text{C}$

(平年値を用いれば50%信頼限界値, 平年値-2 σ を用いれば98%信頼限界値が得られる。)

・C-SHRPモデル (カナダ)

$$T_{pav} = 0.859T_{air} + 0.17$$

T_{pav} : 舗装表面最低温度, $^{\circ}\text{C}$

T_{air} : 低温側気温, $^{\circ}\text{C}$

(平年値を用いれば50%信頼限界値, 平年値-2 σ を用いれば98%信頼限界値が得られる。)

・LTPPモデル

$$T_{pav} = -1.56 + 0.72T_{air} - 0.0041\text{lat}^2 + 6.26\log_{10}(\text{H}+25) - z(4.4 + 0.52(\sigma_{air})^{1/2})$$

T_{pav} : 舗装表面最低温度, $^{\circ}\text{C}$

T_{air} : 低温側気温, $^{\circ}\text{C}$ (平年値を入れる)

Lat : 緯度, $^{\circ}\text{C}$

H : 舗装深さ, mm

σ_{air} : 低温側気温の標準偏差

z : 正規分布における確率

(z = 0 で50%信頼限界, z = 2.055で98%信頼限界が求まる。)

④移行期に発生した問題

現在は従来規格からSUPERPAVEへの移行期ということで以下のような問題が存在すると政府機関では認識している。

・従来規格品とPG品が共存できないため、アスファルトを混合することが出来ない。

・アスファルト製造原油の関係等で地域によってはPG品を供給できないケースもある。現在では原油を変更すること、もしくは改質アスファルトにすることにより対応している。しかし、この影響により、SUPERPAVE導入に地域差が生じている。

・グレード数が増加することにより、アスファルトメーカー、プラント、道路会社へ製造、流通の面で負担が大きくなった。製造原油の問題とも関連して、製造コストアップにともなうアスファルト価格の上昇があった。グレードによって異なるがストレートアスファルトで20~50%上昇しているケースもある。

・州でチェックした結果、規格外れ品が多く、問題となっているケースがある。この原因は試験の許容差が明確にされていないことによる。

1.2 アスファルトメーカー

1) 調査先

①Chevron Richmond Beach (ワシントン州シアトル)

②Chevron Portland (オレゴン州ポートランド)

③Marathon Ashland Petroleum LLC (ケンタッキー州アシュランド)

④CITGO Refining Company (ジョージア州, ニュージャージー州; 文書による回答)

2) 内容

SUPERPAVE導入時のアスファルト供給側の対応に関して、ヒアリングを実施した。今回訪問した製油所は、既にSUPERPAVEが導入済みであるところと、導入過程にあるところあるいは導入の予定のないところに分かれており、ヒアリングに対する返答も、その所在地により、答えが分かれている。

(1) SUPERPAVE導入前後における原料油種の変化

原料の種類(原油種)の増加したところと変化なしに分かれた。これは、供給エリアのSUPERPAVEの規格を満たすのに必要なバインダ製造方法(ポリマー改質含む)やSUPERPAVEに適した油種をすでに入手しているところでは、変化がなかったものと考えられる。

(2) SUPERPAVE試験器の保有状況

すべての製油所が試験器を保有しているわけではなく、他の製油所にて一括試験しているところもある。

(3) 製造管理

今回調査した範囲内では何処の製油所でも従来規格の場合と同様に粘度を指標とした管理を行っていた。しかし、SUPERPAVE試験の頻度は、ある一定期間毎だったり、ロット毎に行ったり様々である。これは、アスファルト製造用の原油が頻繁に変更される所では、試験頻度が増加したためと考えられる。

(4) SUPERPAVE導入に対する考え方

今回訪問した製油所でのSUPERPAVE導入に対する考え方は、導入当初において肯定派と消極派の2つに分かれていた。SUPERPAVEの規格化をビジネスチャンスと位置づけ、事前の準備対応を早く行ったところ、油種の選択が容易なところは推進派となり、リーダーシップを発揮するが、それ以外の所はSUPERPAVEの基本理念は理解するものの、必要タンクの増大や品質管理の煩雑などを理由に消極的な対応となっていた。しかし、SUPERPAVE規格の広まりとともに、現在では、SUPERPAVE規格のアスファルト供給を行う上で、SUPERPAVE規格に基づいた評価、試験管理、品質保証・品質管理はやらざるを得ない状況になっている。

3) 米国における対策と課題

SHRPで開発されたSUPERPAVEが、我が国のアスファルト品質規格として導入されたときに発生するアスファルト供給側の問題点として主として以下の3項目が懸念されるが、SUPERPAVE規格の導入国である米国の供給メーカーでは、実際どのような問題が発生し、どのように対処したか以下に示す。

(1) コストアップ

タンク増設や原油選択、新規評価装置の設置などコスト増はあったものの、その増加分は発注側が理解し、ある程度のコストも負担し、PGに対応した価格差を形成できるようになった。

(2) 製造・出荷時の品質管理

日常における品質管理は、従来規格の場合と同様に粘度測定で実施し、一定期間あるいはロットごとにSUPERPAVEの全項目の試験を実施する。したがって、原油パターンが安定している製油所では、SUPERPAVEへの対応が、試験頻度、運転管理の面から比較的容易だと考えられるが、原油パターンが安定していなければ、試験頻度は増大し、運転管理も煩雑になると考えられる。また出荷時において、SUPERPAVE導入当初は、従来品との混在が問題となる。

(3) SUPERPAVE規格品の製造

SUPERPAVE試験項目と原材料の相関関係に関するデータを集積することが重要な鍵を握る。

1.3 全米アスファルト協会

1) 調査先

Asphalt Institute (AI: 全米アスファルト協会)

2) 内容

(1) AIのSUPERPAVEへの取り組み

約80年の歴史を持つAIは、アメリカだけではなく全世界に会員会社を有し、それら会員会社に対し、アスファルトに関する各種技術情報を提供するとともに、最近では特にSUPERPAVEに関し、AI中央研究所および各州に配備したフィールドサービスオフィスを活用して、コンサルタント機関、トレーニング機関、アドバイザー機関として、さらにSUPERPAVEの発注側と受注側の審査機関として、その推進に貢献している。

(2) SUPERPAVEに関する米国の状況

SUPERPAVEは、全米約90%で適用されており、今後更に適用は拡大されていくとの見方をしている。

現時点で、スムーズに適應できている企業と苦勞

している企業の格差が出始めている。SUPERPAVEへの適応に成功している企業は事前準備対応が早く、環境変化をビジネスチャンスに結びつけている。

(3) SUPERPAVE導入時の問題と対応

規格変更にとまなうコストアップを懸念するアスファルトメーカー、道路関係企業・機関及びSUPERPAVEに関する情報を十分に有していない企業がSUPERPAVE推進の抵抗要因となる。対応策として、AI、政府（連邦・州）、石油会社、道路会社、骨材メーカー等、関係団体によるSHRP推進委員会を組織化した。

当初、骨材メーカーを参画させていなかったことを反省点としてあげ、出来るだけ初期の段階から骨材メーカーを含めた各機関を参画させることが必要との考えを強調している。

またSHRPトレーニングプログラムを効果的に実施することも必要であり、SHRPトレーニングセミナーのビジネス化も考えられる。

(4) SUPERPAVE導入時の手順

①まずバインダー仕様についての推進が必要。

②次に混合物・配合設計への手順でのアプローチを推奨。

1.4 NAPA、道路会社・団体等

1) 調査先

- ① National Asphalt Pavement Association (NAPA：全米アスファルト舗装協会)
- ② The Maryland Asphalt Association, Inc. (メリーランド州アスファルト舗装協会)
- ③ Asphalt Paving Association of Washington, Inc. (ワシントン州アスファルト舗装協会)
- ④ P.Flanigan & Sons, Inc. (アスファルト合材プラント、道路施工会社)
- ⑤ Mega Contractors (アスファルト合材プラント、道路施工会社)
- ⑥ Superior Paving Corp. (アスファルト合材プラント、道路施工会社)
- ⑦ H.G.Mays Corporation (試験所、アスファルト合材プラント、道路施工会社)
- ⑧ CSR Associated (アスファルト合材プラント、道路施工会社)
- ⑨ Harrod Concrete and Stone Co. (骨材製造プラント、コンクリート碎石会社)
- ⑩ The Allen Company (骨材製造プラント、道路施工会社)

⑪ The Mountain Companies (道路施工会社)

⑫ Lakeside Industries (道路施工会社)

2) 内容

(1) 配合設計

「施工業者調査」(SUPERPAVEにより設計された20州、68プロジェクト、約275万トンのSUPERPAVE混合物（連邦道路庁の発注によるSUPERPAVE仕様の20%以上に相当）を対象とした調査）によると、配合設計は70%が施工業者の手により実施され、ジャイレトリコンパクタを80%が所有し使用している。SUPERPAVEの試験では、供試体作成後4時間の養生を必要としているが、これを実施しているのはわずか10%であり、養生時間を30分から2時間としている。50%の業者が低空隙や空隙がばらつくために密度性能を出すのに苦勞しており、もっと角張った骨材や細骨材の必要性を指摘している。

今回調査した範囲では、SUPERPAVEの配合設計はジャイレトリコンパクタを用いる点を除けば、基本的に変わっておらず、SUPERPAVEへの移行はさほど難しくなかったとのことである。

(2) 製造

「施工業者調査」によると、特に大きな問題は生じていないが、改質アスファルトの増加により混合温度が従来よりも15～25°F (8.3～13.8℃) 上昇したことを指摘し、骨材形状、配合設計、バインダーの貯蔵管理に注意を払っている。また従来品とSUPERPAVE混合物が混在していることを問題視している。これは混合物の種類が増えるため、アスファルトタンクやフィーダーなどの不足が生じ、骨材の変更ではフィーダーの洗浄を実施している。このようにSUPERPAVEへの対応には投資が必要なこともあり、旧タイプの工場では、対応できないところもある。

(3) 品質管理

SUPERPAVEの採用により、バインダーの評価としては十分なものが出来たと考えているものの、混合物の評価については未完成のままとなっている。これはSUPERPAVEシアテスター (SST) が約30万\$と高価な上、非常に取り扱いが困難で、現場で用いられるような装置でないためである。

(4) 施工

施工においては、骨材の大粒径化に伴うアスファルト混合物の温度低下の問題やそれに起因して縮め

固め不足が生じる点を指摘し、解決策としてはローラの転圧回数を増やしたり、振動ローラの導入することなどで対応している。またTenderZoneと呼ばれる200-240°F (93-115°C) の範囲が特に締め固め不足やローラへのバインダ付着が顕著になるので、この温度範囲以外での締め固め、タイヤローラの使用等を推奨している。

(5) 骨材

骨材の入手はほとんど問題ないものの、80%は従来品より粗くなったとし、40%は締め固め密度の基準を満たすのに問題があるとしている。再生骨材は、SUPERPAVE混合物にはまだほとんど使われていないが、今後は増加する見込みである。

(6) コスト

アスファルトの価格は、グレードにもよるが、SUPERPAVEの導入により全体的にやや上昇している。ただ東部地区のようにもともと良質な原油(ベネズエラ産など)からアスファルトを製造している地区では、大きな影響は受けていない。SUPERPAVE混合物の価格は、アスファルト価格やジャイレトリコンパクト導入についてコストアップがあり、全体的に上昇している。

(7) 供用性

SUPERPAVE規格品と従来規格品による供用性比較についての結論はまだ出ていない。「施工業者調査」によると、SUPERPAVEにより設計された混合物の供用性は、現在のところ良好ではあるが、いくつかの問題も生じており、今後の追跡調査の結果を待つ必要があるとしている。

(8) 改質アスファルト

現在、改質アスファルトの使用量はアスファルト全体の使用量の約10-15%を占め、SUPERPAVEの導入により需要は増加傾向にある。

製造は、製油所が60%、2次会社が40%でSUPERPAVEの影響で新たに製造する精製会社も出始めている。ストレートアスファルトにSBS (Styrene-Butadiene-Styrene block Copolymer: 熱可塑性エラストマーの一種) を3.5-5%添加(シンブルブレンド)して改質する方法が一般的である。

改質アスファルトをPGシステムの中に組み込むのは妥当ではないとする考え方も一部に見られる。PGシステムは、供用最高温度と最低温度からバインダを選択するシステムであるが、ユタ州ではタフネス・テナシティを試験項目の一つとして取り入れ、

強制的に改質アスファルトを採用するような仕組みを実行している。

2. SUPERPAVE: Today and Tomorrow⁵⁾

1998年4月21日-23日の3日間にわたり、セントルイス市で開催されたSUPERPAVE: today and tomorrow会議の内容からアメリカ合衆国におけるSUPERPAVEの現状と今後の展望について要旨をまとめると以下のとおりである。

2.1 SUPERPAVEに関するFHWAの見解

SUPERPAVEは、ISTEA (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991) に沿って進められてきた。現在、積極的にSUPERPAVEの普及を押し進めている6州(フロリダ、インディアナ、メリーランド、ニューヨーク、テキサス、ユタ)を始め、約3/4の州が2000年までに容積配合設計の採用計画を持っている。

SUPERPAVEバインダの採用は98年100件弱、97年375件、98年1338件と、年々増加しており、特に98年は前年の4倍近い件数になっている。これらの中には失敗した例もあり、FHWAは「SUPERPAVEは現時点では完璧なものでなく、いくつかの問題がある」と報告している。しかしながら、FHWAはSUPERPAVEが国家標準になることを期待しており、それにはさらなる研究およびトレーニングが必要であるとして、DOT (州道路局) と共同スポンサーとなりSUPERPAVEセンターを全米で5箇所設置し対応している。

2.2 SUPERPAVE材料の選定に関する課題

1) 骨材

骨材についてはSUPERPAVEの骨材性状規格、さらに混合物の粒度分布に存在する「リストラクトゾーン」やVMA (Voids in the mineral aggregate) の規定が足かせとなり、使用可能な骨材が限定され、骨材産地からの距離も遠くなることが予想されるため、コスト高になる。骨材粒度は、2.36mm通過量が大巾に変動する。これは、天然砂の使用量を制限し、スクリーニングを多く使用することが原因と思われる。

また、RAP (Reclaimed Asphalt Pavements) はSUPERPAVEにも使用でき、RAP中に含まれる旧アスファルトは、バインダのパフォーマンスグレートへの影響は少ないが混合物の特性については更に研究の必要がある。

骨材に関する規格が本当に舗装の供用性能に影響を

及ばずものなのか疑問視する意見もある。

2) バインダ

バインダに関しては、改質バインダがうまくいっていないこと、SUPERPAVEの規定にあうバインダの生産コストが高いこと、適切なPGの選定が難しいことなどが指摘されている。

ストレートアスファルトでは、低温ひび割れのアルゴリズム化がうまくいっているようであるが、現在のバインダ使用の仮定が簡要化されすぎて（例えば、ひずみや疲労を考慮していない。温度・粘度関係を単純に仮定している、幾何学的影響を考慮していない。酸化のみが安定度に影響すると考えている等）本当にパフォーマンスに基づいた仕様であるか疑問もある。

SUPERPAVE用バインダを製造するために、原油を選定したり製造工程の変更の必要がある。また、各PG毎に製品タンクが必要となるため、新たな設備投資が必要となる。更に、バインダの品質管理に従来よりも時間を多く費やすことなどから製品がコスト高になる。

2.3 SUPERPAVE混合物の配合設計

過去の事例では、粒度についてはVMA確保のためにリストリクトゾーンの下方を通過する「S字曲線」粒度になることが多い。配合については、マーシャルの突固めからジャイレトリの締固め方法の変更もあり、まだまだ経験不足との認識がある。SUPERPAVE手法では、FHWAの施工業者へのアンケート調査によればアスファルト量は従来と同じか、少なくなったとの回答が8割以上であったのに対し、混合物のアスファルト量が多めになるとの報告もあり、さらに転圧の難しさやPGの選定ミスも加わって、わだち掘れの発生が問題になってきているものと思われる。実際の舗装のパフォーマンスを考慮するより、現状は配合規格を遵守することを優先させ、配合設計をしているようであり、混合物を詳しく解析してパフォーマンスとの関係を把握することの重要性が訴えられた。

しかし、今回の会議での配合設計法は、容積配合設計のみであり、レベルⅡ、レベルⅢに関する報告はなかった。これは、2000年までに容積配合だけでもSUPERPAVEの導入を押し進めようとする考えのようである。

2.4 混合物の製造

混合物の製造では、従来と比べ混合温度を8～15℃高めに設定している。

2.5 SUPERPAVEの施工

施工に関しては締固めが必要であり、「十分に締固められた舗装のみがその寿命を保証される」と報告されているが、SUPERPAVE混合物は早く冷えやすく、十分な締固め密度が得にくく、92、93年に行ったニューヨーク州の舗装の締固め度は93～95%程度であり、十分な締固め密度が確保されていない。

締固め効果をあげるため、

- ・骨材の最大粒径に適した施工厚とする。
- ・大型で重いローラを使用。
- ・タイヤローラ、振動ローラを有効に活用する。
- ・転圧回数を増す。
- ・温度管理を充分に行い、やや高い温度で締固める。
- ・転圧パターンを確立する。

などの方策がたてられている。

更に、締固め密度の重要性を施工に携わる者全員に知ってもらうことが重要であると報告している。

2.6 失敗例

Westrack実験場の試験施工では、わだち掘れが発生し、最大で37.5mmに達するなどして、270万ESAL通過後には10区間の打換えを行うほどであった。さらにインディアナ州（I-74）では、施工後わずか1ヶ月でフラッシュとわだち掘れが発生したなど失敗例がある。

現在のPGは、低温ひび割れの対処にある程度うまく行っているようであるが、一方ではかつてなかったようなわだち掘れに悩まされている。PGの規格が軟らかいアスファルトを選定する傾向にあると考えられる。メリーランド州では、所定のPGグレードより固いグレードのアスファルトを使用し、効果をあげている。

現時点でのSUPERPAVE施工の失敗事例は、わだち掘れによるものが多いなど今後、様々な改訂が行われる可能性がある。例えばFHWAのバインダETG (Expert Task Group) では、DTTの問題が指摘されており、新しい仕様制定の検討や試験方法の改訂作業を行っている。

2.7 SUPERPAVEセンター

SUPERPAVEセンターは、全米に5箇所あり、上述の課題等に関する対応を行っている。

SUPERPAVEセンターの内容は次のとおりである。

- ①技術者のトレーニング
- ②コンサルタントサービス
- ③情報提供

④装置・手法の評価

⑤研究

⑥その他, SUPERPAVEに関する事項

3. まとめ

米国におけるSUPERPAVEの現状は1998年の段階でバインダ規格について約3/4の州が既に導入済みである。また、発注者、受注者、関連業界団体を含めてSUPERPAVEは進むべき方向であると捉え、積極的に取り組んでいこうとする姿勢である。

しかし、今なお、混合物の評価試験、供用性の確認、PG選定のための舗装温度モデル、改質アスファルトの問題等、SUPERPAVEの根本的な技術課題について解決されていない事も明らかになった。

一方、米国がSHRPを導入した背景と日本のアスファルト事情の相違点も明確になった。すなわち、ストレートアスファルトの製造・規格に関しては次の2点があげられる。

①原油ソースの広い米国に比べ、日本の場合、中東依存度が高く(80%以上)、今後さらに高くなる傾向にある。すなわち米国に比べ品質のばらつきが小さいと思われる。

②日本の場合、ストレートアスファルト規格については針入度規格で統一されている。

米国で一般化の段階にあるSUPERPAVEであるが、日本への導入には、今回の調査で明確になった技術的課題のほかに日本の事情(気候、交通環境、原油等)を踏まえた検討が必要であると考えられる。

— 参考文献 —

- 1) R.B.McGennis, R.M.Anderson, T.W.Kennedy, M.Solaimanian, "Background of SUPERPAVE Asphalt Mixture Design & Analysis", FHWA-SA-95-003 (1994)
- 2) P.Crow, Oil&Gas J., 94, (25), 16 (1996)
- 3) 通産省エネルギー需給統計年報
- 4) A.Mohseni, "LTPP Seasonal Asphalt Concrete (AC) Pavement Temperature Models", FHWA-RD-97-103 (1997)
- 5) ASPHALT INSTITUTE, Federal Highway Administration, Superpave: Today and Tomorrow Proceedings (1998)

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

Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt

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

★
実費頒価 400円

ヨーロッパを中心とした諸外国のSUPERPAVEへの対応と規格の動向

(Status quo of Direction to the SUPERPAVE and Quality Standard of Asphalt Binders in Europe and Other Foreign Countries)

七五三野 茂*, 鈴木 秀輔**, 小島 逸平***

文献とアンケートをもとに、ヨーロッパを中心とした諸外国のSUPERPAVEへの対応と規格の動向を調査した。その結果、ヨーロッパでは、CENが中心となって独自の舗装アスファルト用の供用性に基づく統一仕様の完成を目指している。SHRP/SUPERPAVEに対しては、バインダ試験法について興味を示しているものの、混合物試験についてはヨーロッパの優位性を抱いており興味を示していない。アメリカの舗装業界ではSUPERPAVEに対して肯定的であるが、それに引き換えヨーロッパなどでは冷静な視点から独自の取り組みや今後の展開を検討していることが明らかとなった。

1. はじめに

アメリカでは、アメリカ合衆国連邦道路庁 (Federal Highway Administration : FHWA) が中心となって積極的にSHRP/SUPERPAVEの普及に努めており、その内容は現地調査結果として先に紹介されている。また、ヨーロッパではアメリカにおけるSHRPの状況に注目しつつ、舗装用アスファルトについて独自に供用性仕様の検討を進めている。

そこで、本文ではCEN (Comite European de Normalisation : ヨーロッパ標準化機構) やPIARC (World Road Association : 世界道路協会) などの限定された文献とアンケートをもとに、ヨーロッパを中心としたアスファルト規格の動向やSHRPへの対応をまとめたものであり、以下にその概要を紹介する。

2. ヨーロッパ

(1) CENの取り組み

ここでは、「舗装用アスファルトのための供用性に基づくCEN仕様の開発」(CEN TC19 SC1 WG1資料) より、ヨーロッパにおけるバインダ規格の標準化等の動向を紹介する。

目的は、道路および空港用アスファルトを建設・管理に用いる際に、供用性に影響を及ぼす性状を規定した仕様を開発・適用することであり、CENのなかの技術委員会であるTC19 SC1が1990年より既存の仕様

の標準について作業を着手したものである。

①作業内容

- ・各国の経験により決定された仕様の標準化
- ・油脂分含有量と低温性状の項目を含んだ仕様の検討
- ・供用性仕様の開発・適用のための作業工程、組織の準備
- ・供用性仕様の概要の準備
- ・EUROBITUME, EAPA, RILEM, FEHRLなどの組織との調整、共同開発

②供用性仕様開発のための作業工程

- ・2000年6月 供用性に影響する工学的性状の定義
- ・2000年9月 バインダ仕様をクラスやレベルに区分するか否かの決定
- ・2001年9月 供用性仕様の草案作成準備
性状を測定するために用いられる試験方法の確定

CEN基準試験法の草案作成準備

このうち、各国の経験により決定された仕様の標準化については、各国の現況のバインダ規格を3つの区分にまとめて標準化したものである。("Bitumen and bituminous binders - Specification for paving grade bitumen Final Draft, pr EN 12591, CEN" より)

- ・針入度 (25℃) および軟化点により規定された20×0.1, 330×0.1の範囲の針入度による区分 (表-1)

*しめの しげる 日本道路公団試験研究所舗装研究室長

**すずき しゅうすけ 大成ロテック㈱技術研究所課長代理

***こじま いっぺい ㈱ガイアートクマガイ技術研究所長

表-1 ヨーロッパにおけるアスファルトの統一規格 (CEN資料)

	Unit	Test method	Grade designation										Countries in which the optional properties apply (see annex A)
			20/20	30/45	35/50	40/60	50/70	70/100	100/150	160/220	250/330		
MANDATORY PROPERTIES													
Penetration at 25°C	x 0.1mm	EN 1426	20-30	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100	100-150	160-220	250-330		
Softening point	°C	EN 1427	55-63	52-60	50-58	48-56	46-54	43-51	39-47	35-43	30-38		
Resistance to hardening, at 163°C (a)		EN 12607-1 or EN 12607-3											
-change of mass, maximum	%		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	1.0	1.0		
-retained penetration, minimum	%		58	53	53	50	50	46	43	37	35		
-softening point after hardening, minimum	°C	EN 1427	57	54	52	49	48	45	41	37	32		
Flash point, minimum	°C	EN 22592 (b)	240	240	240	230	230	230	230	220	220		
Solubility, minimum	% (m/m)	EN 12592	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0		
OPTIONAL PROPERTIES													
Paraffin wax content, maximum (c)	% (m/m)	EN 12606-1 or EN 12606-2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2		
Dynamic viscosity at 60°C, minimum	Pa.s	EN 12596	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5		
Kinematic viscosity at 135°C, minimum	mm ² /s	EN 12595	440	260	225	175	145	90	55	30	18		
Fraass Breaking point, maximum	°C	EN 12593	530	400	370	325	295	230	175	135	100		
Resistance to hardening (d)		EN 12607-1 or EN 12607-3	-5	-5	-7	-8	-10	-12	-12	-15	-16		
One of the following alternatives may be chosen:													
1-Increase in softening point, maximum		EN 1427	8	8	8	9	9	9	10	11	11		
2-Increase in softening point, maximum and Fraass Point, maximum (e)	°C	EN 1427	10	11	11	11	11	11	12	12	12		
3-Increase in softening point, maximum and penetration index (e) minimum maximum	°C	EN 12593	-5	-5	-5	-7	-8	-10	-12	-15	-16		
	°C	EN 1427	10	11	11	11	11	11	12	12	12		
	°C	annex C of this standard	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5		
			+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7		
4-Increase in softening point, maximum (f)	°C	EN 1427	10	11	11	11	11	11	12	12	12		
(f)													

(a) Only RTFOT to be used for referee purposes (b) See clause 4.1.1.3. (c) See clause 4.1.2.2. (d) See clause 4.1.2.3. (e) On original document, ie before the hardening procedure

(f) If this option is chosen, both of the above criteria for Fraass Point and penetration index shall apply.

(a) Only RTFOT to be used for referee purposes (b) See clause 4.1.1.3. (c) See clause 4.1.2.2. (d) See clause 4.1.2.3. (e) On original bitumen, ie before the hardening procedure (f) If this option is chosen, both of the above criteria for Fraass Point and penetration index shall apply.

- ・針入度 (15℃) および60℃粘度により規定された
250×0.1, 900×0.1の範囲の針入度による区分
- ・柔らかいアスファルト用に設けられた, 60℃粘度
により規定された区分

(2) PIARCの取り組み

ここでは, PIARC技術委員会 (TC8) の実施した改質アスファルトやSHRPについてのメンバー国へのアンケート結果に基づきPIARCの取り組み内容を紹介する。

はじめに, 「道路アプリケーションにおける特殊な瀝青材料, 改質瀝青バインダおよび添加材の使用 (異なった国々での様々な製品や現場での使用の調査)」 (PIARC/TC8/SG4資料) より, 改質アスファルトの調査結果は以下のとおりである。

調査の対象は, 改質アスファルトなどの無水 (カットバックや溶剤をのぞく) 瀝青バインダおよび乳剤である。調査項目は, バインダの種類, 使用量, 使用基準 (交通, 気象条件) などである。

改質バインダの種類は, エラストマー改質バインダ (使用比率75%), プラストマー改質バインダ (15%), ゴムや種々の瀝青バインダ (10%) であり, 特殊な瀝青材および添加材を加えた瀝青材の全使用量は1,200,000 (t) である。この使用量は米国を除いたもので, 全体の3分の2をスペイン, 日本, ドイツ, フランスで使用している。

また, 調査に答えた半分以上の国々 (22か国中, 13か国) で特殊なバインダ (硬質バインダ, マルチグレードタイプ瀝青材) が使用されている。全使用量は, 180,000 (t) で, うちわけは硬質バインダ (74%), マルチグレードタイプ瀝青材 (16%), その他 (10%) である。

つぎに, 「SHRP/SUPERPAVE, 他の国々での経験」 (PIARC/TC8/SG6資料) より, たわみ性舗装を検討する技術委員会 (TC8) において米国を除く諸外国のSUPERPAVEに対する意見を調査するために実施したアンケートの内容を以下に述べる。

アンケートは次の12項目の質問から構成されている。

- Q 1 : 供用性に基づいた試験法の実施に興味があるか
- Q 2 : 供用性に基づいたバインダや混合物の試験方法があるか
- Q 3 : 供用性評価のための試験装置があるか
- Q 4 : SHRP/SUPERPAVEの手法に興味があるか
- Q 5 : SHRP/SUPERPAVEの装置と手順をテスト

したことがあるか

Q 6 : SHRP/SUPERPAVEの試験方法を実施した経験があるか

Q 7 : SHRP/SUPERPAVEは有用と思うか (適用の可能性はあるか)

Q 8 : SHRP/SUPERPAVEの仕様と試験方法を適用しているか

Q 9 : SHRP/SUPERPAVEのパラメータはバインダや混合物の挙動を十分に説明しているか

Q 10 : SHRP/SUPERPAVEの方法を用いた試験施工例はあるか

Q 11 : SHRP/SUPERPAVEに関する文献のリストを提出してください

調査結果は, 表-2に見られるとおりである。

(3) EAPAの取り組み

ここでは, 欧米等の舗装業界 (EAPA, AAPA, NAPA, SABITAなど) で発行しているニューズレター “The World of Asphalt Pavement Volume 3, Winter 1998” より, EAPA (European Asphalt Pavement Association) におけるSUPERPAVEに対する意見を紹介する。

- ① SUPERPAVEには, アスファルトに新しいパフォーマンスグレードを定め, このグレードシステム, 骨材特性の一致, 新しい混合物配合設計, および混合物解析法が含まれている。
- ② ヨーロッパにおいてもSUPERPAVEと同様にパフォーマンステストと評価は何年も研究されてきている。例えば, フランスでは1980年代にナントの実物大試験設備を用いたフィールド試験を実施しており, オランダ, フィンランド, イギリス, スウェーデンでも類似している。
- ③ ヨーロッパ基準と試験は, ステイフネス, 疲労抵抗, 永久変形抵抗のような物理的な性質を評価する試験方法, 示方書システムの評価をCENで実施してきている。
- ④ ヨーロッパのバインダ仕様は現在, 経験的な試験に基づいたものとなっており, 従来のアスファルトに対しては満足しているが, 改質アスファルトに対しては不十分であるため, ヨーロッパ標準化機構 (CEN, TC19SC1) ではパフォーマンスに関連した仕様をまとめようとしている。ここでの指摘では, 次のことが挙げられる。

- ・SUPERPAVEによれば, ヨーロッパの用途に適したバインダを排除し, 適当でないバインダを採

表-2 各国におけるSHRP SUPERPAVEの動向調査 (PLARC資料)

Country	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Austria/1	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Preliminary	Yes	Yes	Not known	Yes
Denmark	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Preliminary	Yes	Yes	Not known	No
Israel	Yes	No	No	Yes	Yes	Preliminary	Yes	No	Not known	Yes
Finland	Yes	Yes	Yes	No	No	None	No	No	Not known	No
Hungary	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Preliminary / Comprehensive	Yes	Yes	No/Not known	No
Ukraine	Yes	No	No	Yes	No	None	No	No	Yes	No
UK	Yes	Yes	Yes	Not yet	No	Preliminary	No	No	No	No
Japan	Yes	No	Yes	Not yet	Yes	Preliminary	Yes	No	Not known	No
Austria/2	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Preliminary	Yes	?	Not known	No
Spain	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Preliminary	?	No	Yes	No
Romania	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Preliminary	Yes	Yes	No	Yes
Australia	Yes	Yes	Yes	Not yet	Yes	Preliminary	No	No	Not known	No
Germany	Yes	Yes	Yes	Yes/Not yet	No	None	Yes	Yes	Not known	No
Norway	Yes	Yes	Yes	Yes/Not Yet	Yes	Preliminary	Yes	Yes	Yes	Yes
Sweden	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Preliminary	Yes	?	Yes	Yes
Czech Republic	No	Yes	Yes	Yes	No	Preliminary	No	Yes	Not known	No
Belgium/Walloon	Yes	Yes	Yes	Yes/Not yet	Yes	Preliminary	?	No	Not known	No
Summary										
Yes	16	14	15	10	11		10	7	4	5
No	1	3	2	1	6		5	8	2	12
Not yet				3						
Preliminary				3			14			
Comprehensive							0			
None							3			
?										
Not known							2	2	11	

Q 1 : 供用性に基づいた試験法の実施に興味があるか
Q 2 : 供用性に基づいたバインダや混合物の試験方法があるか
Q 3 : 供用性評価のための試験装置があるか
Q 4 : SHRP/SUPERPAVEの手法に興味があるか
Q 5 : SHRP/SUPERPAVEの装置と手順をテストしたことがあるか

Q 6 : SHRP/SUPERPAVEの試験方法を実施した経験があるか
Q 7 : SHRP/SUPERPAVEは有用と思うか (適用の可能性はあるか)
Q 8 : SHRP/SUPERPAVEの仕様と試験方法を適用しているか
Q 9 : SHRP/SUPERPAVEのパラメータはバインダや混合物の挙動を十分に説明しているか
Q 10 : SHRP/SUPERPAVEの方法を用いた試験施工例はあるか

用するかもしれない。

- ・ SUPERPAVEではグースアスファルト、ポーラスアスファルト、薄層舗装工法などへの考慮が必要である。
 - ・ SUPERPAVEの試験法の全てのパフォーマンス項目を満たすには限界がある。
 - ・ SUPERPAVE試験の多くは、繰返し性、再現性に未だ満足であると思われないと忠告し、フィールド管理に適した試験機と試験方法を開発する必要がある。
 - ・ EUROBITUMEは、1999年春に瀝青バインダのパフォーマンスに関するワークショップを開催する。SUPERPAVEの革新的なパフォーマンスに基づいたバインダ仕様は、改質アスファルトを扱う時には興味ある手法であるが、フィールド試験の確認と相互関係では十分に立証されていないとみている。
 - ・ ヨーロッパでは試験方法は日常の運用に実用的で満足するものであるべきで、あまり複雑で高価、かつ遅い方法は有用でも、効率でもない。
 - ・ SUPERPAVE混合物解析パフォーマンス予測手法を除けば、SUPERPAVEシステムは現時点でのヨーロッパ技術と比較して優れたものに相当しない。
- (4) EUROBITUMEとEAPAに対するアンケートによる調査

ここでは、アスファルトメーカーの団体であるEUROBITUMEと舗装業者の団体であるEAPAに対するアスファルト規格の動向やSUPERPAVEへの対応に関するアンケート調査の実施結果をまとめたものである。回答については、必ずしも1対1の対応をしていないため、要旨の形で整理した。上述のEAPAの取り組みと一部重複するがアンケート調査結果を以下に紹介する。

① アンケート調査内容

EUROBITUMEとEAPAは性格の異なる団体であるため、質問の内容が多少異なるがアンケート調査内容は以下のとおりである。

一般

- a) 貴機関に所属されている各社では、アスファルトの品質管理に独自の手法をお持ちですか。また、お持ちの場合、その内容について教えてください。
- b) 改質アスファルトの現況について、使用量と種

類およびその性状について教えてください。

- c) アスファルトの規格について、見直しもしくは新しい規格の導入を考えられていますか。もし、考えをお持ちの場合、その内容を教えてください。
- d) アスファルトの規格についてなにかご意見をお持ちでしたら教えてください

SUPERPAVEへの対応

- a) SUPERPAVEの適用を考えておられますか。
- b) SHRPの規格に適合したアスファルトの製造が可能ですか。以下の中からお選び下さい。
 - ・ すぐに製造可能
 - ・ プラントの多少の改造で製造可能
 - ・ 製造は出来るがプラントの大きかりな改造が必要なお、改造が必要な場合は、どのような改造が必要か教えてください
- c) SUPERPAVEに関して、何かご意見をお持ちでしたら教えてください。

ヨーロッパのアスファルト統一規格

- a) 規格の統一をお考えですか
- b) もし、規格の統一をお考えの場合、その内容をお教え下さい。
- c) CENの活動状況をお教え下さい
貴機関に加盟している各国のアスファルトの規格等の資料が有ればお送り下さい。

② アンケートの回答

EAPAからの回答要旨

- a) 現在の最大の関心事は、新しいヨーロッパ基準の開発と実施である。
- b) 既存のストレートアスファルトの基準については、性状を評価するのに十分である。
- c) 改質アスファルトについてのレオロジーや試験方法が求められている。
- d) 主な損傷は、変形（わだち掘れ）であり、交通量の増加や交通荷重の増大に起因している。しかし、SMAのような新しい混合物やWT試験のような供用性と結びついた試験法の採用により改善されている。
- e) SHRPについては、バインダと混合物では評価が異なる。混合物については、ヨーロッパの方が優れており学ぶことが少ない。しかし、バインダの試験法に関しては興味を持っている。現状のバインダの規格には影響を及ぼさないが、今後の見直しに大きな影響を及ぼすかもしれない。

EUROBITUMEからの解答要旨

- a) EUROBITUMEの協会メンバーは22の加盟メンバーによって構成されている。
- b) ヨーロッパにおける瀝青材の品質コントロールは多くの基準なり試験手法によって行われている。
- c) 試験や試験手法は長い年月の間に確立されているものである。これらはヨーロッパをまたがって存在する異なった技術なり実際の事業を考慮して発達してきた各国の規格をまとめることによって出来上がったものである。
- d) 改質アスファルト（一部ポリマー改質アスファルト）の品質管理には様々な手法が適用されている。これはPIARC TC8サブグループ4の活動によるものである。
- e) SHRPをにらんでコメントできることは以下の点がある。
 - ・試験はアスファルトの性能を測定するものを優先すべきである。
 - ・試験は科学的な根拠を持ったものであるべきである。
 - ・試験はいたずらに高度で複雑なものは避け、実際的でシンプルなものであるべきである。
 - ・試験は現場に有効であるものであるべきである。
 - ・ヨーロッパ規格に対する最終合意が1999年までに達成されるならば、SHRPをにらんだ規格の見直しは2002年に行うことは可能と思われる。
- f) EUROBITUMEの最大の関心事はヨーロッパ統一規格である。
 - ・ヨーロッパ規格はまだ完成していない。
 - ・ペービンググレード（供用性仕様にに基づくアスファルトの区分）に関する事柄での合意は出来ているようである。
 - ・ヨーロッパ規格が完成した後どのような状況になるかが問題であると考えている。
 - ・ヨーロッパでは各国の交通荷重の違いがあるので、これまでの経験則より新たな試験が必要であるということは認識している。
 - ・パフォーマンスが保証されるならば新しい様々な材料を使うことは否定するものではない。
 - ・SHRPに近い研究体型はヨーロッパでも存在している。
 - ・ヨーロッパの将来については、シミュレートされたエージング試験に結びつけられたレオロジー試

験仕様と経験に基づくレオロジー試験による仕様の2通りのやり方がある。

(5) まとめ

文献およびアンケートをもとにした、ヨーロッパにおけるアスファルト規格の動向やSHRPへの対応は以下のとおりである。

- ① CEN（ヨーロッパ標準化機構）が中心となって、舗装用アスファルトのための供用性に基づくヨーロッパ統一規格の開発を進めている。2001年に供用性仕様の草案の完成を目指しており、現在、最初のステップとして各国の現況のバインダ規格を、針入度および軟化点により3つの区分にまとめている。
- ② SHRP/SUPERPAVEについて、供用性に基づいたバインダ仕様は、現在の仕様では対応が不十分で、ある改質アスファルトなどを扱う場合に有用であり、将来の見直しに影響を与える可能性があるとしている。ただし、試験法の多くは、繰り返し性や再現性に問題があるとしており、施工管理に適した実用的でシンプルな試験機や試験方法の開発についても提言している。なお、混合物試験法については現在のヨーロッパの試験法と比較して、優れたものであるとは考えられていない。

3. アメリカ合衆国

SHRP/SUPERPAVEは、アメリカ合衆国連邦道路庁が中心となり、積極的に普及につとめている。このため、アメリカ合衆国がSUPERPAVE導入に積極的であることは周知と考えられ、アメリカ合衆国に関わる文献調査は実施していない。ここでは、EAPAなどが発行するニュースレターである“The World of Asphalt Pavement Volume 3, Winter 1998”をもとに、NAPA（National Asphalt Pavement Association）が実施した舗装業者に対する調査結果を紹介する。

NAPAが20の舗装業者に実施した非公式の調査によると、これら業者のSUPERPAVEによる混合物の使用量は275万（t）にのぼっており、SUPERPAVEに対して肯定的な意見を持っている。

① バインダーに関する問題はない

- ・SUPERPAVEのバインダ仕様を実行するに当たり問題は提起されていない。
- ・SUPERPAVE混合物に使用されているバインダの60%は改質アスファルトではない。これは、従来の混合物に比べ低い値となっている。
- ・SUPERPAVE混合物の性状を満足するにつれ、

改質アスファルトの使用量も減少すると予測している。

- ・ 回答の70%において、SUPERPAVEと通常バインダに差はないとしている。

なお、全米における改質アスファルトの使用量は、混合物全体の10%程度といわれており、ここで示された20社は特に使用量が多いと考えられる。

② 骨材の入手は可能である

- ・ SUPERPAVE混合物に使用する骨材は通常の混合物に使用する骨材と若干異なる。しかし95%の業者は通常の骨材供給者から入手できたとしている。
- ・ 制限粒度範囲の周辺に設計するのに問題はないとした業者は60%である。問題があるとした業者はVMAを満足することが困難であったとしている。
- ・ 業者の20%は、SUPERPAVE混合物を再生アスファルト舗装に使用した。

③ 配合設計は、業者によって実施される

- ・ SUPERPAVE混合物のほぼ75%が業者によって配合設計が実施され、これらの85%は、SUPERPAVEの要求をすべて満足していた。
- ・ 骨材は12.5mmか19.0mmサイズを使用したものであった。
- ・ VMAを満足するために苦労している業者が半数近くいた。

④ 混合物は通常のプラントで製造される

- ・ ほとんどの業者はアスファルトプラントの装備に問題はなかったとしている。
- ・ ほとんどの業者がドラムミキシングプラントを使用しているが、それらの半数以上で追加の骨材ビンを取り付ける必要があったとしている。

⑤ 舗装・締固めには配慮が必要

- ・ 85%の業者は舗設作業に問題はなかったとしており、90%の業者が施工速度を変更する必要はなかったとしている。
- ・ SUPERPAVE混合物による人力施工は、通常の混合物に比べ困難としている。
- ・ 85%の業者が所定の密度の確保ができた。
- ・ 半分の業者が通常の舗装に比べ困難であったとしており、60%の業者がローラを追加した。

⑥ 品質管理に変化は無い

- ・ SUPERPAVE混合物にはアスファルト量、混合物の体積等、通常の混合物と同じ範囲の変動があったとしている。

- ・ 70%の業者が舗装表面のキメ、アスファルトのしみ出し、等の問題は無いとしている。

⑦ 業者の全体的な印象

- ・ 業者は、若干の困難さにも関わらず、SUPERPAVEの導入に同意している。
- ・ 特に、SUPERPAVEシステムは、骨材粒度の評価に優れるほか、SUPERPAVEジャイレトリコンパクタはマーシャルハンマに比べ、より現場に一致している。特に、これはわだち掘れの発生に顕著に現れる。

4. その他諸国

その他諸国のSUPERPAVEへの取り組みについては、同様に“The World of Asphalt Pavement Volume 3, Winter 1998”からオーストラリアと南アフリカについて紹介する。

(1) オーストラリア

- ① 1997年5月のAPRG報告18で、アスファルト混合物の選定と配合設計を発表した。ここでは、SUPERPAVEのアスファルト混合物配合設計手法と、取得しやすく正確で使いやすい、オーストラリアで設計製造された試験機器との関係を示した。また、ジャイレトリコンパクタで得られる弾性率を得る材料試験機器 (Materials Testing Apparatus) を用いる方法の中～重交通用仕様に取り入れた。重交通では、60℃でのホイールトラッキング試験を用いるようにした。さらに、新しい材料には剥離の問題を調べるようにした。

- ② 次の事柄は、オーストラリアにおける配合設計手法に影響を与えた。

- ・ ジャイレトリコンパクタによる締固めの評価
- ・ ノッチングアスファルトテスト (NAT) の適用
- ・ ビーム疲労試験
- ・ ホイールトラッキング試験
- ・ 真空密度試験
- ・ 水の影響テスト

(2) 南アフリカ

- ① ジャイレトリコンパクタを用いた容積配合設計は非常に興味をもたれ、検討されている。

- ② 改質アスファルトには、SUPERPAVEバインダ仕様は使えない。疲労パラメータに対する疑問、ダスト／アスファルト比率、粗粒度SUPERPAVE混合物の耐水性に関する問題等、多数の関心が発生して

いる。

- ③南アフリカの道路はシールコートのような舗装が60%なので、加熱アスファルト混合物に対する需要は少ない。
- ④ギャップ混合物、透水性混合物、SMAなどの混合物に対する需要は少ない。
- ⑤SMA適用地域では、表面テクスチャ、すべり抵抗、騒音レベル、水はね等、表面の重要な機能要求などが扱われていない。
- ⑥SUPERPAVEのバインダ／混合物試験技術、重要な物理的／機械的特性等の評価には費用がかかり、新しい装置が必要であるし、それらの専門家も必要になるので、南アフリカのアスファルト市場は小さすぎると判断される。
- ⑦SUPERPAVE混合物は、南アフリカで行うべき方

法を再考するようにとの刺激を与えたことが最大の利益である。

5. おわりに

ヨーロッパでは、CENが中心となって独自の舗装用アスファルトの供用性に基づく統一仕様の完成を目指している。SHRP/SUPERPAVEに対しては、バインダ試験法について興味を示しているものの、混合物試験についてはヨーロッパの優位性を抱いており興味を示していない。

今回の調査をとおして、アメリカの舗装業界ではSUPERPAVEに対して肯定的であるが、それに引き換えヨーロッパなどでは冷静な視点から独自の取り組みや今後の展開を検討していることが明らかとなり、我が国の今後の対応に参考となるものと考えられる。



☆1999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。
ただいま発売中です。

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』1999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カ年計画
- 平成10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

日本におけるSUPERPAVEの現況

(The Status quo of the SUPERPAVE in Japan)

新 田 弘 之*

日本におけるSUPERPAVEの取り組みは、建設省土木研究所を中心として行われてきた。いくつかの試験法については、他の機関でも導入が進み、今では機関間の共通試験なども行われるようになってきている。SUPERPAVEは試験法と評価・設計法までを含んでいるが、日本ではSUPERPAVE全てを取り込むというよりも、試験法の有効性の確認や試験法の部分的な利用といったことが中心となっている。

ここでは、これまでの日本でのSUPERPAVEへの取り組みとして、試験機の導入状況や検討状況をとりまとめたので紹介する。

1. はじめに

日本では、SHRP計画の開始当初からその動向に注目しており、その成果である新しい試験法や規格を取り入れたSUPERPAVEがまると、すぐに建設省土木研究所を中心として本格的な調査が始められた。建設省土木研究所では、1994年にバイнда関係の試験機を、また1996年に混合物関係の試験機を導入し、試験調査も進められた。その後、国内でもSUPERPAVEについての理解が進み、一部の試験は舗装試験法便覧別冊¹⁾にも掲載されるとともに、様々な研究機関で試験機が導入されている。

ここでは、現在の国内でのSUPERPAVE試験機の導入状況と研究調査の状況およびその成果について紹介する。

2. SUPERPAVE試験機の導入状況

SUPERPAVE試験機は、建設省土木研究所で導入された後、各方面で導入が進んでいる。(社)日本アスファルト協会では、官公庁関係5機関と舗装会社18社(うち協会1)、アスファルトメーカー6社に対して、SUPERPAVE関係試験機の導入状況を調査している。その結果が表-1である。官公庁では、土木研究所、

表-1 SHRP関連試験機保有状況

試 験 機 器 名	官公庁						民間	
	建設省土木研究所	運輸省 港湾技術研究所	北海道開発庁 開発土木研究所	東京都 土木技術研究所	日本道路公団 試験研究所		舗装会社 (18社)	アスファルト メーカー (6社)
ダイナミックシェアレオメータ (DSR)	○	×	○	○	×		4	5(1)
ベンディングビームレオメータ (BBR)	○	×	○	×	×		3	5
ダイレクトテンションテスター (DTT)	○	×	○	×	×		0	3
プレッシャーエージングベッセル (PAV)	○	×	○	×	×		4	5(1)
回転薄膜試験機 (RTFOT)	○	×	○	○	×		7	5
回転粘度計	○	×	○	○	×		7	3
ブルックフィールド回転粘度計 (RV)	○	×	○	×	×		7	4
ジャイレトリコンパクタ (SGC)	○	×	○	×	○		15(2)	3
シャープシェアテスター (SST)	○	×	×	×	×		0	0
レジリエントモジュラス試験機	×	×	×	×	×		7(1)	1

※ () 内は、購入予定

*にった ひろゆき 建設省土木研究所道路部舗装研究室主任研究員

開発土木研究所での導入が進んでおり、東京都土木技術研究所などでも一部導入が行われている。舗装会社ではジャイレトリコンパクタの整備が非常に進んでおり、アスファルトメーカーではバインダ試験機の導入が進んでいる。全体的には、ダイナミックシェアレオメータとジャイレトリコンパクタの導入が最も進んでいるようである。

3. SUPERPAVEバインダ試験に関する研究

日本におけるSUPERPAVEバインダ試験に関する研究は、建設省土木研究所で開始され、日本国内で製造されているストレートアスファルトや改質アスファルトなどに対してSUPERPAVEで評価した結果やSUPERPAVEと既存の評価試験との比較などを報告している。

調査の目的としては、ただちにSUPERPAVEで提示されているパフォーマンス・グレードによるバインダの分類を導入するということではなく、あくまでも新しいバインダ評価試験の一つとしての検討が中心である。特に注目されている試験としては、わだち掘れ評価を目的としたDSR試験と供用劣化性状などを予測することを目的としたPAVによる劣化手法が挙げられる。

3.1 国内アスファルトのSUPERPAVEによる評価

建設省土木研究所において実施された各種アスファルトに対するSUPERPAVE試験結果について表-2にアスファルトサンプルの種類、表-3に実施した試験、試験結果の代表例として、図-1にTFOT後のDSR試験結果、図-2にPAV試験後のBBR試験の結果を示す²⁾。

SUPERPAVEにおいて、TFOT後のDSR試験結果は、わだち掘れ性の評価に使われ、供用中の舗装体最高温度で弾性率の一種である $G^*/\sin \delta$ という値が2.20kPa以上となるように規定されている。図-1で分かるように、日本のアスファルトはどのグレードでも60℃で2.20kPa以上となっている。

また、PAV試験後のBBR試験は、低温ひび割れ性の評価に使われ、供用中の舗装体最低温度+10℃でスティフネス $S \leq 300\text{MPa}$ 、 $m \geq 0.3$ となるように規定されているが、図-2でも分かるように、-10℃(供用最低温度としては-20℃)ではセミプローンアスファルトだけが規定からはずれる結果となっている。

3.2 既存評価試験との比較

既存の評価試験との比較では、建設省土木研究所において、供用劣化、わだち掘れ、低温ひび割れ等との

表-2 アスファルトサンプル

種類	試料数
ストレートアスファルト	40~60
	60~80
	80~100
改質アスファルト	セミプローン
	改質Ⅰ型
	改質Ⅱ型
	高粘度改質

表-3 実施した試験

試験法	サンプル	試験温度
PAV試験	TFOTアスファルト	100℃
RV試験	オリジナルアスファルト	135℃
DSR試験	オリジナルアスファルト	40~80℃
	TFOTアスファルト	40~80℃
	TFOT+PAVアスファルト	0~40℃
BBR試験	TFOT+PAVアスファルト	-5~-20℃

※TFOT+PAVアスファルトとはTFOT後のアスファルトにPAV試験をした劣化アスファルトのことである。

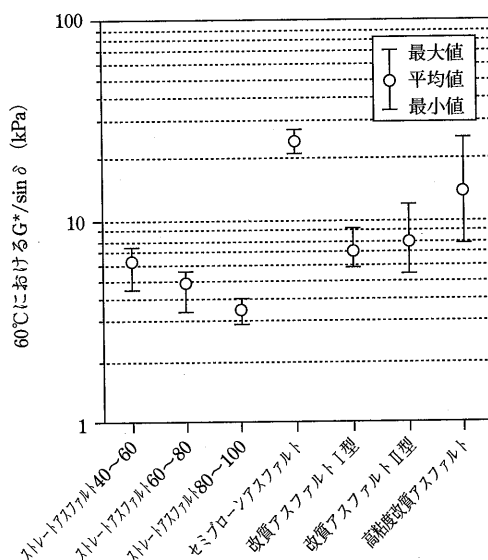


図-1 DSR試験結果 (TFOTアスファルト)

関係が一通り検討されている³⁾。図-3はホイールトラッキング試験と比較した結果である。ストレートアスファルト、改質アスファルト含めて、かなり高い相関性を示している。

また、その他の機関においても、SUPERPAVEバインダ試験の検討は行われ、わだち掘れに関連の深いDSR試験についてホイールトラッキング試験との相関などの調査例が多く報告されている⁴⁾。

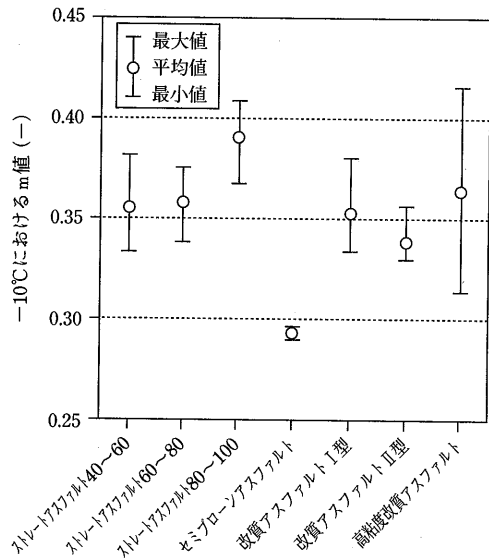
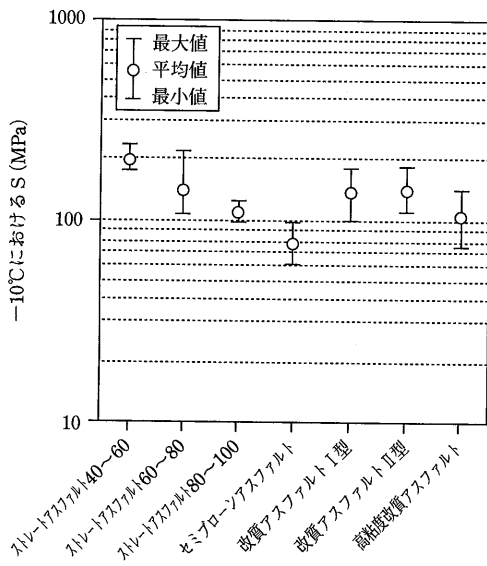


図-2 BBR試験結果 (TFOT+PAVアスファルト)

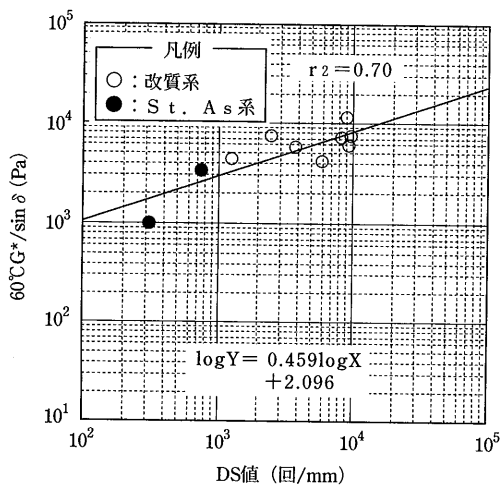


図-3 DS値と60°C $G^*/\sin \delta$ の関係

3.3 供用性状との比較

PAVは供用劣化をシミュレートする試験方法であり、これについてはTFOTなどの従来試験や室外暴露試験との比較、また、全国の供用中の舗装から採取したアスファルトとの比較などの研究が進んでいる一方、再生骨材の研究用サンプルの前処理としての検討なども行われている。

建設省土木研究所で行われた全国調査⁵⁾では、5年または10年間供用した17工区を選定し、供用劣化アスファルトを採取している。採取は1工区毎に走行部、路肩部分に分けて行い、その結果、PAV試験は路肩部

に近い劣化となったことを報告している。走行部は路肩部よりアスファルトの劣化が小さく、走行部の評価にはやや厳しい評価になるとしている。

4. SUPERPAVE混合物試験に関する研究

SUPERPAVE混合物試験は、発表がバイнда試験関係よりも遅く、ジャイレトリーコンパクタ以外は、国内ではあまり導入されていない。特にSUPERPAVE SHEAR TESTER (SST) は非常に高価であるため、建設省土木研究所以外ではまだ導入されていない状況である。

当然、まだ有効性を検証している段階であり、設計法等を取り入れるかなどを議論できる段階には至っていない。

4.1 ジャイレトリーコンパクタ

ジャイレトリーコンパクタそのものはかなり古くから国内で紹介されている⁶⁾が、SHRPの成果として改良されたSUPERPAVEジャイレトリーコンパクタ(以下SGC)の導入は1994年頃から始まった。現在、日本国内には約30台のSGCが導入されている。

SGCに関する研究としては、各研究所単独の研究事例⁷⁾も報告されているが、建設省土木研究所を中心とする「つくば舗装技術研究交流会」において各研究機関で所有している11台のSGCの共通試験が行われ、機械間誤差や人的誤差が検証されている⁸⁾。共通試験結果の一例として、図-4に旋回数100回時の空隙率の

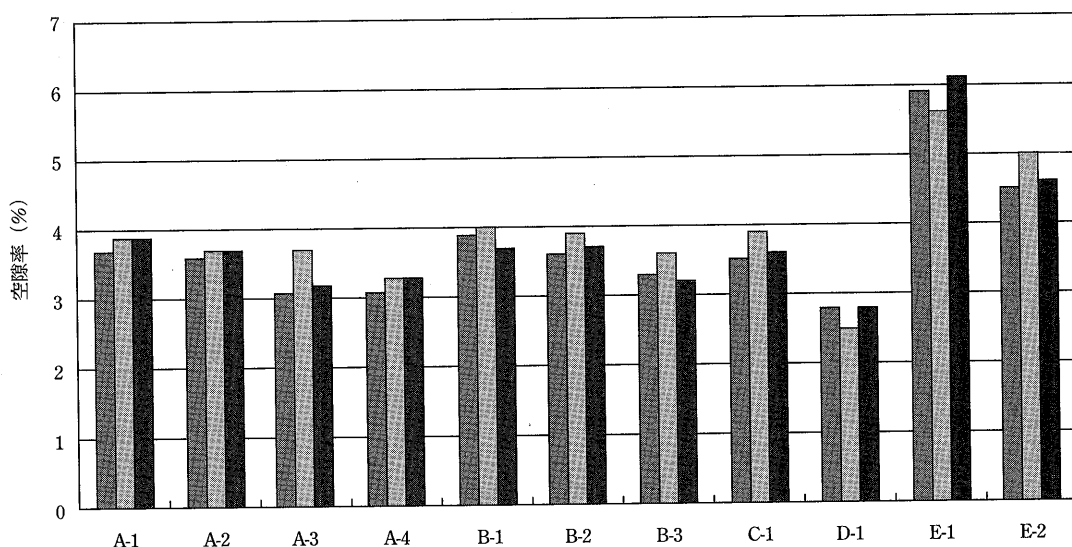


図-4 100回旋回時の空隙率 (A, B, …は、メーカーを表す)

比較結果を、表-4にメーカー間の有意差検定結果を示す。D社、E社のものは、他の3社のものと明らかに異なるという検定結果になり、メーカー間の差が生じている結果となった。

表-4 メーカー間の有意差検定結果

	A社製	B社製	C社製	D社製	E社製
A社製		0.012	2.25	148.9	66.66
B社製			3.206	273.6	70.93
C社製				66.92	75.05
D社製					183.9
E社製					

SGCについても日本国内ではまだ研究段階であり、SUPERPAVE LEVEL1の配合設計手法を実際の現場に適用するという段階にはない。

4.2 SUPERPAVE SHEAR TESTER (SST)

日本においては唯一建設省土木研究所に1996年に導入されているのみである。

研究方針としては、他の試験方法と同様、SUPERPAVEでのアスファルト混合物配合設計手法の日本への導入というよりは、アスファルト混合物の耐流動性を評価するための新しい試験方法として研究が行われている。SUPERPAVEではSSTを用いた6種類の試験方法が提案されているが、日本においては特に耐流動性評価と関係の深い以下の試験に注目し、ホイールトラッキング試験結果との相関調査を進めている⁹⁾。

- ・ Simple Shear Test at Constant Height (SSCH)
- ・ Frequency Sweep Test at Constant Height (FSCH)
- ・ Repeated Shear Test at Constant Height (RSCH)

現在、これらの試験方法のうちRSCHを取り上げ、その耐流動性評価試験方法としての妥当性を検証しているところである。

5. まとめ

以上、官公庁の研究所、舗装施工会社やバインダ製造メーカーの研究所を中心としたSUPERPAVEの取り組み状況を紹介したが、それらの研究はSUPERPAVEを今後日本の規格に取り入れていこうという明確な方向性を有するものではなく、

- ①SUPERPAVEで日本国内の材料を評価するとどうなるか
- ②従来の試験方法等では評価できない材料性状をSUPERPAVEで評価する

という使い方が主である。すなわち、SUPERPAVEを試してみ、優れた点だけを部分的に取り入れようということである。

今後は、日本での検討により有効であると確認された試験方法に限って標準化の検討が進んでいくと思われる。新材料の導入や性能規定化などには材料や配合にとらわれない評価試験が必要であり、この意味でもSUPERPAVEに関する今後の研究に期待したい。

- 1) 舗装試験法便覧別冊, (社)日本道路協会, 1996
- 2) 新田, 坂本, 遠西: SHRP試験による国内アスファルトの性状について, 第21回日本道路会議一般論文集, (社)日本道路協会, 1995年10月
- 3) 例えば, 田中, 新田, 坂本: SHRPバイнда仕様に関する検討, 第21回日本道路会議一般論文集, (社)日本道路協会, 1995年10月
- 4) 例えば, 谷口, 稲葉, 大畑: DSRによる粘弾性評価と動的安定度の関係について, 第21回日本道路会議一般論文集, (社)日本道路協会, 1995年10月
- 5) 立石, 新田, 佐々木, 坂本: 供用劣化後のアスファルトの性状と促進劣化試験の適用性, 土木技術資料, 40-7, 1998年7月
- 6) 松野, 南雲, 三浦, 山之口: アスファルト舗装に関する試験, (株)建設図書, 1971年9月
- 7) 例えば, 浜田, 高田: SUPERPAVE LEVEL1の適用に関する一検討, 土木学会第52回年次学術講演会論文集第V部門, (社)土木学会, 1997年9月
- 8) 久保, 池田: SHRPジャイレトリート試験機に関する共通試験について, 土木学会第53回年次講演会論文集第V部門, (社)土木学会, 1998年10月
- 9) 柄澤, 池田, 久保: SUPERPAVEせん断試験機による耐流動性評価に関する研究, 土木学会第53回年次学術講演会論文集第V部門, (社)土木学会, 1998年10月

— 社団法人 日本アスファルト協会 創立40周年記念出版 —

アスファルトの利用技術

B 5 版・290ページ・実費頒価 ¥4,000 円 (送料実費)

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

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

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

百科事典として、また関係者必読の書としてご購入をお勧めいたします。

目次

第1編 アスファルト

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

第2編 アスファルトの道路舗装への利用

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

第3編 アスファルトの各種舗装への利用

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

第4編 防水・その他への利用

- 第1章 防水・防湿
 1. 土木防水
 2. 屋上防水 (陸屋根防水)
 3. 屋根防水 (勾配屋根防水)
 4. ターポリン紙 (防湿紙)
- 第2章 建築
 1. 木造住宅用床防音材
 2. 床材
 3. 鋼管塗布
- 第3章 原料
 1. 酢酸原料用アスファルト
 2. 石油コークス原料
 3. 製鉄用コークスバインダー
- 第4章 燃料
- 第5章 その他
 1. 電気絶縁用
 2. レンズ研磨
 3. のり面緑化用アスファルト乳剤
 4. ノウサギ忌避剤
 5. トネル断熱材
 6. 放射性廃棄物の固化材
 7. その他への利用

SHRPに対するメーカにおける問題点と対応

(Problem and correspondence in the manufacturer of Japan to the SHRP)

青 木 秀 樹*

SHRP SUPERPAVEを日本へ導入する場合、アスファルトメーカにおいて考えられる問題点と対応に関し、いくつかの州を除き、開発段階を経てすでに一般化の段階に入っている米国における対応策を参考にして以下に記す。

アスファルトメーカでの問題点としては、主に製造上の問題点と流通上の問題点が考えられる。

1. 製造上の問題点

1.1 製造管理方法

製造管理項目の変更

SHRP SUPERPAVEが導入された場合、これまでの管理項目に変えて新たな管理項目で製造することが予想されるが、現時点において日本では有効な管理項目が未定の状態であり、しばらくの間データの蓄積が必要となると考えられる。

米国のアスファルトメーカではこれらの問題に対してどのように対応してきているのかを現地調査しているが、今回実施した米国調査ではいずれの製油所でも従来規格の場合と同様に粘度を指標とした管理を行っている。

SHRP SUPERPAVE試験の頻度は、ある一定期間ごと、またはロットごとに行っている。これは、アスファルト製造用の原油が頻繁に変更される製油所では、試験頻度が増加し、一定原油から製造を実施しているところでは、試験頻度を少なくする事ができるためと考えられる。

日本の場合、現時点では原油種が頻繁に変更されるケースは少ないので、事前に粘度とSHRP試験管理項目の関連データが取れていれば、SHRP SUPERPAVE試験の頻度は少なくすることができると考えられる。

米国ではSUPERPAVEが導入されるに先立って、事前に粘度とSUPERPAVE試験管理項目の関連データの蓄積を早めに行っているメーカとそうでないメーカとの間で対応の格差が見られるが、日本でもSUPERPAVE導入に際して同様な状況が考えられる。

1.2 製造原油の選択

日本にSUPERPAVEが導入された場合、PGに対応するために原油を選択する必要性も出てくるのではないかと考えられるが、米国では一定の良質原油から製造を実施しているところではSUPERPAVEが導入されたからといって、原油種が増えたということはないようである。

しかし、アスファルト製造用の原油が頻繁に変更される製油所では、増加している。

たとえば、オレゴン州のシェブロンポートランド製油所、ケンタッキー州のマラソンアッシュランド製油所ではSUPERPAVE導入前後で原油の変化及び増減は無しと答えており、一方、ワシントン州のシェブロンリッチモンドビーチ製油所、ジョージアのシテイゴ製油所では原油種が増加したと答えている。

日本の場合、一定の良質原油から製造を実施しているところが多く、また、原油種が米国の特定地域のように多岐にわたっているということはないので、日本にSUPERPAVEが導入されたとしてもPGに対応するために新たに原油を選択する必要性は現時点では少ないと考えられる。

1.3 タンクの増設

SHRP SUPERPAVEが導入された場合、グレード数の増加によるタンクの増設が必要になるのではないかと考えられるが、特にグレード数が現行針入度グレード数より増えて設定された場合には、製品タンクを増設する必要が生じ、メーカは設備投資を余儀なくされることになる。

ただし、グレード数が現行針入度グレード数より少

*あおき ひでき 昭和シェル石油㈱中央研究所研究第三課長

なくなる場合も考えられ、この場合はメーカにとっては操業や製品管理が容易になる等のメリットが生じることとなる。

米国ではSUPERPAVEが導入されて、タンクの増設を実施したり、これから増設の計画を検討中のメーカが多いようである。たとえば、オレゴン州のシェブロンポートランド製油所、ワシントン州のシェブロンリッチモンドビーチ製油所では、今のところタンクの増設はしていないが、今後増設の可能性が高いと答えており、ケンタッキー州のマラソンアッシュランド製油所、ジョージアのシテイゴ製油所はすでにタンクの増設を実施したとのことである。

また、米国におけるPGについては、PG64-22を中心に主に2～4グレードの出荷が多いようであるが、ケンタッキー州のマラソンアッシュランド製油所、ジョージアのシテイゴ製油所の場合、主として4グレードとしながらも発注側の要求規格によっては改質アスファルトも含め10グレード前後の対応も可能としている。

日本の場合、現行のストレートアスファルト60～80がほとんどPG64-22に該当し、ストレートアスファルト40～60についてもPG64-22に該当し、一部がPG64-16ということで、現行ストアスに限定して考えれば、新たにタンクの増設がアスファルトメーカで必要になるケースは少ないと考えられる。

なお、発注側からPG76-28とか、PG76-22といった高品質のグレード要求が

あった場合には、改質アスファルトでの対応になると考えられるが、日本ではストレートアスファルトのメーカと改質アスファルトメーカにおいてそれぞれのタンクで対応している現状を考えると新たにタンクの増設が必要になるケースは少ないと考えられる。

しかし、将来、発注側からのPG要求が多岐にわたる場合にはタンクの増設が必要になるケースも考えられる。

1.4 品質管理（試験）上の問題点

試験装置の設置

SHRP SUPERPAVEに定められた試験装置は高額であるため、各製油所に設置するには準備期間を要すると考えられる。

米国においては、SUPERPAVE試験装置の金額が日本ほど高額でないが、各製油所に設置する準備期間にはメーカ間に違いがある。

したがって、米国ではSHRP SUPERPAVEに定められた試験装置を設置するまで外部に試験を委託して

対応をしているアスファルトメーカもある。

試験所要時間

従来のJISの試験項目に比べ、SHRP SUPERPAVEに定められた試験は測定所要時間を長く要し、コスト増になると考えられる。（全項目の所要時間、JIS：1日、SHRP：3～5日）

米国においても、同様の問題はありますが、いずれの製油所でも従来規格の場合と同様に粘度を指標とした管理を行っており、SHRP SUPERPAVE試験の頻度は、ある一定期間ごと（例えば14日ごと、1か月ごと）、またはロットごとに行うことによって対応している。

試験精度

SHRP SUPERPAVEに定められた各試験の精度について、日本において現時点では明らかになっていない。

したがってメーカ間の照合が必要となるのではないかと考えられる。

米国ではメーカ間の照合等は公正取引委員会からの不公正取引の対象と指摘される可能性が高いため、実施していないとのことである。

メーカと発注側でのデータに差異があった場合には、AI（米国アスファルト協会）等の公的審査機関が確認試験を実施したり、メーカに対してAI（米国アスファルト協会）等が照合試験を実施したり、研修・トレーニングを実施している。

1.5 流通上の問題点

油槽所のタンク数

グレード数が増加する場合は、油槽所のタンク数を増設する必要がでてくる。

しかし、グレード数が減少した場合は油槽所のタンク管理が容易になるメリットが生じる。

バーターへの対応（メーカ間相互供給）

グレード数が増加する場合は、柔軟なバーターが難しくなり、物流コストが増加する。しかし、グレード数が減少する場合には逆にバーターが容易になり、物流コストも低減する。

米国では発注側の要望に対応して油槽所のタンク数を増設してより広範囲のグレードに対応を実施しているメーカと限定して対応しているメーカに分かれている。各メーカのアスファルト販売の政策・方針によって対応が異なっているのである。

日本においても各メーカのアスファルト販売の政策・方針によって対応が異なってくると考えられる。

2 その他

2.1 アスファルトの価格

上記のように製造方法の変更や試験時間の長時間化、品質の向上等に伴い、価格は品質に対応して格差のある設定が求められるが、発注側はそれを認めるかという問題が考えられる。

米国では、オレゴン州のシェブロンポートランド製油所、ワシントン州のシェブロンリッチモンドビーチ製油所、ケンタッキー州のマラソンアッシュランド製油所、ジョージアのシテイゴ製油所のいずれにおいても、SUPERPAVEの導入に伴い、タンク増設や新規評価装置の設置などコスト増はあったものの、その増加分は発注側が理解し、ある程度のコスト増分を負担し、PGに対応した価格差を形成できるようになったと答えている。

そして、SUPERPAVEの規格対応の整備されているメーカーがビジネス上、有利に展開するケースもあるとのことである。

2.2 改質アスファルト

米国ではSUPERPAVEの導入に伴い、改質アスファルトの需要が急増してきている。

要因として、重交通に対応した高耐久性アスファルトのニーズが高まると同時に従来のストレートアスファルトだけでの適応が難しい箇所も多くなってきていることが考えられる。そして、同時に供用性のコンセプトも規格に取り入れたSUPERPAVEの導入により、

舗装品質に対する関心が高まっていることも考えられる。

オレゴン州のシェブロンポートランド製油所、ワシントン州のシェブロンリッチモンドビーチ製油所、ケンタッキー州のマラソンアッシュランド製油所、ジョージアのシテイゴ製油所のいずれにおいても、できるだけストレートアスファルトでの出荷対応をめざしながらも、改質アスファルトの製造体制をも整備し、改質アスファルトの製造出荷も実施している。

今後のSHRP SUPERPAVEの将来性と旧規格に関し、オレゴン州のシェブロンポートランド製油所、ケンタッキー州のマラソンアッシュランド製油所、ジョージアのシテイゴ製油所のいずれにおいても、SHRP SUPERPAVEが主流となり、旧規格は消滅するであろうとの見方をしている。

日本においても、舗装に対するニーズの多様化、高度化に対応して、舗装を常に良好な状態に維持管理することが求められており、そのためには、舗装の供用性を的確に把握し、将来の供用性を予測することが重要な要素とされている。

現在のストアスのJIS規格及び改質アスファルト規格には供用性のコンセプトが十分には取り入れられていない現状を考慮すると、今後日本においても供用性の予測概念をも規格に取り入れたSHRP SUPERPAVEについての検討も必要であろうと考えられる。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

繰返し三軸圧縮試験機を用いた路床土と路盤材の復元弾性係数

舗装を理論的に設計するためには、入力条件としての弾性係数が必須条件となるにも係わらず、明確な試験方法が決められていないの現状であり、早急に検討されるべき課題といえます。繰返し三軸圧縮試験機を用いた路盤材及び路床土の復元弾性係数（レジリエントモデュラス）試験方法は、AASHTO T294で策定されており、我が国でも繰返し三軸圧縮試験機の導入の検討が進められているところです。

今回の報告は、FHWAで1997年に発行されたレジリエントモデュラス試験及び品質管理手順についての報告を試験方法の開発の経緯も含めてとりまとめたものです。紙面の関係から詳述は出来ませんでしたが、今後の試験法の改訂の参考になればと考えています。

（研究グループ代表幹事：峰岸順一）

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

* は班長 ** は副班長

峰岸順一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

*阿部長門 東亜道路工業(株)技術研究所

市岡孝夫 前田道路(株)技術研究所

伊藤達也 ニチレキ(株)技術研究所

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 日本舗道(株)技術研究所

*小関裕二 大林道路(株)技術研究所

*佐々木徹 建設省土木研究所材料施工部化学研究室

佐々木昌平 日本舗道(株)技術開発部

佐藤雅規 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)パスコ道路技術センター

鈴木 徹 大林道路(株)技術研究所

鈴木俊行 ニチレキ(株)技術研究所

**関口英輔 日本大学理工学部阿部研究室助手

高橋光彦 大成ロテック(株)技術研究所

高田祥子 日本道路(株)技術本部技術研究所

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

浜田幸二 日本道路(株)技術本部技術研究所

早川洋子 (株)パスコ道路技術センター

林 信也 鹿島道路(株)技術研究所

藤谷 篤 昭和シェル石油(株)中央研究所

舟根 毅 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 日本舗道(株)企画部

安井由喜夫 ニチレキ(株)道路エンジニアリング部

山脇宏成 (株)ガイアートクマガイ技術研究所

吉村啓之 前田道路(株)技術研究所

計37名

繰返し三軸圧縮試験機を用いた路床土と路盤材の復元弾性係数

阿 部 長 門*

1. はじめに

復元弾性係数 (Resilient Modulus, レジリエントモデュラス) は、弾性理論で取り扱われている弾性係数のことである。舗装材料は、大きな荷重が作用すると永久変形を生じるので、完全弾性体でないことが良く知られている。ただし、小さな荷重による多くの繰返しに対しては、1回の载荷による荷重と変形量の関係はほぼ類似しており、変形量のうちほとんどが復元することから、弾性と考えることができる。繰返し载荷試験による供試体のひずみを図-1に示す。適用荷重の初期値は、図中の塑性ひずみの蓄積で表される永久変形を考慮する。繰返し回数の増加により、供試体が締固められ、それぞれの荷重で発生する塑性ひずみが減少する。100か200回の繰返し载荷により、塑性ひずみはほとんど発生しなくなる。

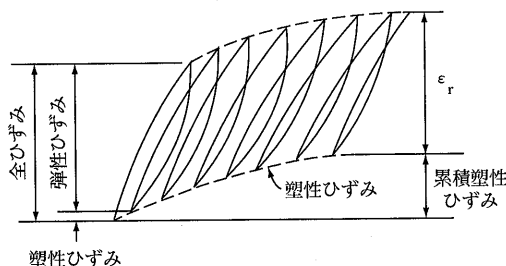


図-1 繰返し载荷試験による供試体の軸ひずみ

弾性係数は、繰返し荷重下で復元ひずみに基づいて算定されるので、復元弾性係数 (レジリエントモデュラス: 以降Mrと呼ぶ) と言われている。

1.1 背景

SHRP計画において、4地域の代表的な研究室で粒状材料の復元弾性係数試験を実施した結果、同一現場から得られた材料による比較試験を実施したが、試験機の差や弾性係数としてのバラツキが大きいことが明

らかとなった¹⁾。

このため、FHWA認定のターナーフェアバンク研究所を中心に、ASTMやAASHTOの試験法で規定されている繰返し三軸圧縮試験による試験法の精度を高めるための較正方法などについて検討を行ってきた。この結果は、FHWAから粒状材料のレジリエントモデュラス試験及び品質管理手順 (LTPP実施要領P46、以下LTPP P46と略す) として1997年に発行された。主にLTPPの各GPSセクションで使われた上層路盤材、下層路盤材、路床土のレジリエントモデュラス試験における試験機の較正方法や品質管理試験として細かい検討がなされている。このマニュアルでは、試験機の較正方法や以前の試験方法に対する試験手順の改訂についてまとめられている。

以降では、復元弾性係数試験 (以降では、Mr試験と略す) に関する試験方法やLTPP P46による改訂点などについてまとめた。

1.2 試験方法とその背景

路盤材・路床土ともに荷重や変形量を計測し、両者の関係から変形係数を求める試みは1960年以降に行われている。ここでは、ひずみ速度一定で荷重を载荷する試験を静的とし、荷重波形に正弦波を適用した試験を動的とし、衝撃波 (ハーバーサイン波) を適用した試験を繰返しとした。ハーバーサイン波とサイン波の荷重波形を図-2に示す。さらに、ある箇所の交通荷重の通過に伴う衝撃波 (ハーバーサイン波) の類似波形を図-3に示す。

Barksdale²⁾ は、たわみ性舗装の異なる測点で舗装内部に発生する垂直応力の波形について研究し、図-3の様なハーバーサイン波か三角波の関数で近似することができる。その後、AASHTO道路試験で測定された垂直応力波に基づき、慣性と粘性を考慮して図-4に示したように応力波の時間と車両の速度と深さを結

*あべ ながと 東亜道路工業(株)技術研究所

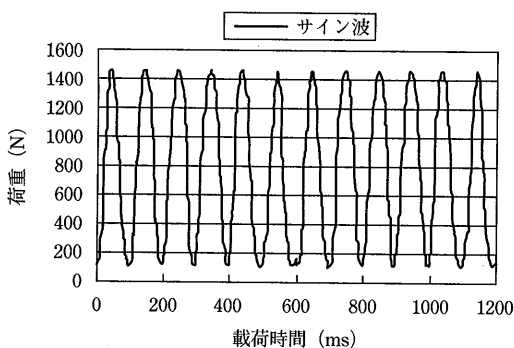
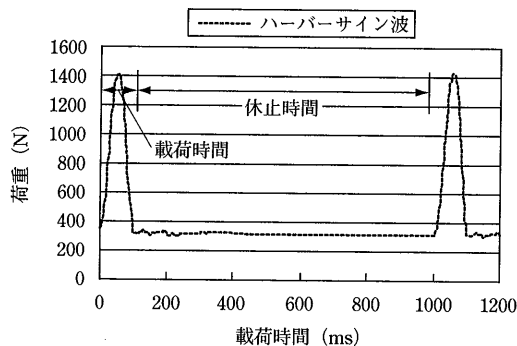


図-2 ハーバーサイン波とサイン波の波形

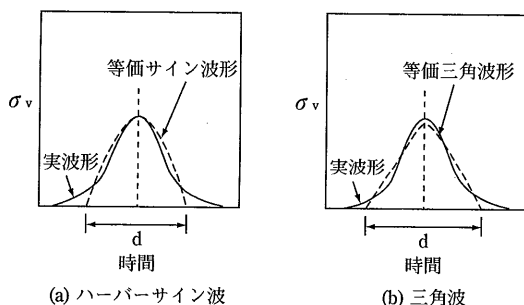


図-3 交通荷重の通過に伴う衝撃波の類似波形

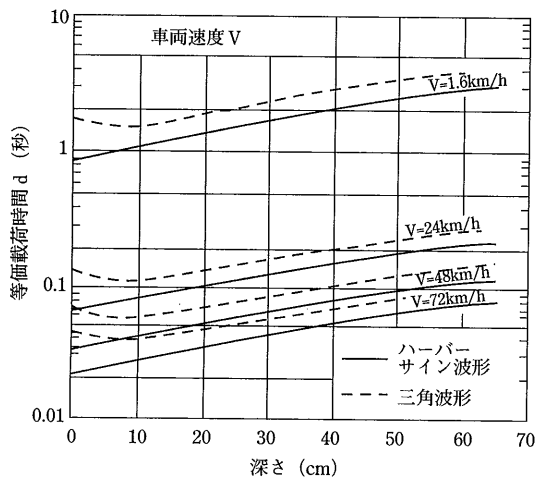


図-4 車両の速度と等価載荷時間と深さの関係

び付けている。この結果、載荷時間は車両のスピードに反比例している。

ハーバーサイン波は、サイン波を等価したものと定義され、式(1)の様なsin関数で表される。さらに、現在の動的解析ソフトでは、式(2)の $\sin^2$ の関数で表されている。

$$\sigma_v = \sigma_{\max} \sin \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi t}{d} \right) \quad (1)$$

$$\sigma_v = \sigma_{\max} \sin^2 \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi t}{d} \right) \quad (2)$$

この結果、直線部の車両速度の速い箇所（時速30～70km）の載荷時間は0.02～0.06秒とされ、低速となる交差点部（時速2～20km）では0.1～1秒になると提案された。Mr試験の確立に当たって、これらの試験結果と解析結果に基づき、載荷時間0.1秒、休止時間0.9秒の1サイクルを1秒間と言う載荷条件が決定された。

路盤材や路床土の静的な変形係数は、一般に一軸圧縮試験により算定されてきた。一方、動的な変形係数は、荷重波形の違いや拘束条件の違いにより3種類の動的一軸圧縮試験、動の三軸圧縮試験、繰返し三軸圧縮試験が使われてきた。ここでは、動的材料試験の背景について説明する。

1960年代には、Humphries³⁾は、粘性土の弾性係数とヒステリシス（ひずみ履歴）に注目し、減衰係数（h）と動的弾性係数（Ed）の関係を示している。このように古くは路床土の変形特性に注目し、供試体寸法が $\phi 50 \times 100$ mmの小さな供試体で試験が行われていた。山内⁴⁾は、路盤材の変形特性を把握するために、供試体寸法 $\phi 100 \times 200$ mm（骨材最大粒径20mm以下）で10Hzのサイン波を適用した動的載荷条件で、セメント安定処理路盤と粒状路盤の動的弾性係数を求めている。

1970年代になると、Shook⁵⁾やBrown⁶⁾は最大骨材寸法38mmの路盤材に対して、 $\phi 150 \times 300$ mmの供試体寸法を用いて、交通荷重をシミュレートしたハーバーサイン波を適用荷重とした各種路盤材のMr試験を実施している。Rada⁷⁾は、骨材の粒度分布及び飽和状態（飽和度）がMrに与える影響について調べている。AASHTOではShookやRadaの研究に基づき、1986年に路床土のMr試験（T274）⁸⁾の試験方法を定めている。その後、本試験法の試験時間を短縮を目的とし、Mr試験の簡便化や路床材から路盤材まで様々な材料を同じ試験機で測定するための方法等について

の研究⁹⁾などが行われ、これらの結果を踏まえて AASHTO T294¹⁰⁾ が策定された。このMr試験の試験手順を示したT274とT294の違いを表-1にまとめた。近年、特に諸外国では試験方法の簡便化の他に、異なる試験室及び試験機でも同様なMr値や復元ひずみが得られ、かつ繰返し精度の高い試験データが得られることが良い試験方法であるという認識に変わり、ここで紹介するMr試験及び品質管理手順書が1997年に発行された。

2. レジリエントモデュラス試験の試験方法

2.1 試験手順

供試体寸法は、最大骨材粒径の4～5倍のものを使うことになっている。このため、一般に路盤材でφ150×300mm、路床土でφ50×100mmもしくはφ100×200mmが使われている。三軸室は図-5に示すようなものであり、パルスジェネレータを用いて載荷時間0.1秒、休止時間0.9秒、周波数1Hzのハーバーサイン波を発生させる。

Mrの算定は、偏差応力と復元軸ひずみより式(3)から求める。主応力和θとレジリエントモデュラスMrの関係は、両対数グラフの横軸に主応力和(θ = σ₁ + 2σ₃)を、縦軸にMrをプロットすることにより、回帰式(式(4))の係数(k₁, k₂)を求める。

$$Mr = \sigma_d / \varepsilon_a \quad (3)$$

ここで、Mr : レジリエントモデュラス (MPa)

σ_d : 偏差応力, σ₁ - σ₃ (kPa)

σ₁ : 全軸応力 (最大主応力) (kPa)

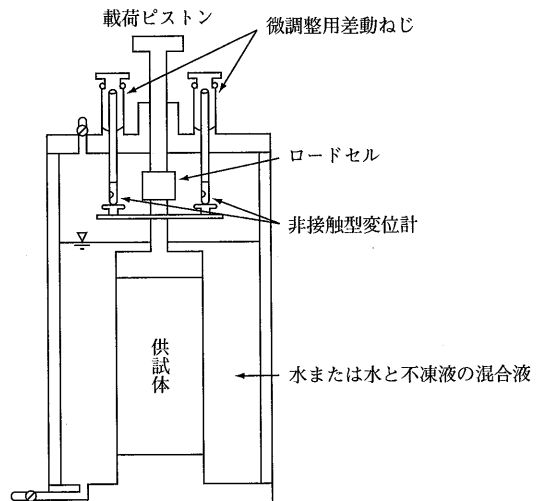


図-5 三軸室の概念図

σ₃ : 拘束応力 (最小主応力) (kPa)

ε_a : 復元軸ひずみ

$$Mr = k_1 \theta^{k_2} \quad (4)$$

ここで、Mr : レジリエントモデュラス (MPa)

θ : 主応力和 (σ₁ + 2σ₃) (kPa)

k₁, k₂ : 材料定数

路盤材 (自立しない材料) の繰返し三軸圧縮試験によるMr試験方法をAASHTO T 294に基づき、以下に示す。

- ①底板にゴムスリーブとO-リングをセットし、2つ割りモールドを固定し、負圧をかけ、2つ割り

表-1 繰返し三軸圧縮試験によるMr試験法の比較

	T274-82	T294-92
供試体のサイズ	粘性土は直径71mmで高さ152mmとし3層の締固めとする。 礫混じり土は、直径102mmと高さ208mmを標準とし、最大粒径の6倍以上の直径となるようにする。直径と高さの比は、2倍以上とする。	粘性土はφ75mm×h150mm、最大粒径20mm以下の路盤材はφ100mm×h200mm、最大粒径32mm以下の路盤材はφ150mm×h300mmとする。
変形量の測定	Mrが104MPa未満の場合は、軸方向の変形量を三軸室外部で測定する。Mrがこの値より大きいときには、供試体の中央にLVDTクランプを取り付け、三軸室内部の変形量を測定する。 測定精度はフルスケールの1%以内とする。	軸対象に2個の差動トランス (LVDT) を取り付けて測定する。センサーの測定範囲は、供試体φ75mmで±1mm、φ100mmで±2mm、φ150mmで±5mm程度とする。測定精度は、直線性でフルスケールの±25%、繰返し性で±1%とし、測定感度は5mv/V (DC) とする。
荷重測定計器	載荷と休止を合成した1サイクルの多様な波形を繰返し載荷できる装置で、供試体上面と三軸室上板の間のロードセルで測定を行う。1サイクルは1～3秒 (0.33～1Hz) とする。	載荷荷重の測定は、供試体上面と三軸室上板の間のロードセルで行う。計器の容量は、供試体のφ75mmで100kgf、φ100mmで500kgf、φ150mmで1000kgf程度で、載荷周波数に十分応答できるもの。載荷時間0.1秒、休止時間0.9秒の1Hzを標準とする。

モールドにゴムスリーブを密着させる。

②試料を挿入し、振動締め機で締めを行い、キャッピングを行う。

③ノギスで供試体の直径と高さを測定する。

④三軸室を組み立て、水を満たし、載荷フレームの下にセットする。

⑤荷重をおよび変位の0調整を行う。

⑥三軸室内に脱気水を満たし、拘束圧 σ_3 を負荷する。

⑦偏差応力 σ_1 と拘束圧 σ_3 の応力条件を設定し試験を行なう。載荷回数は各条件で200回行い、最後の5波の平均応力と平均変形量からMrを算定する。載荷時間は0.1秒、休止時間0.9秒、載荷周期は1秒とする。

2.2 較正方法と試験法の改訂

参考文献1)におけるMr試験の改訂箇所を以下にまとめる。

①電気油圧システムの性能に関する検証

②較正方法とシステム全体の性能に関する検証

③Mr試験の手順

FWHAの認定したターナーフェアバンク試験室で作成された本手順書は、LTPP P46試験を異なる試験室もしくは試験機で実施した場合の試験器機間の変動によるMr値のバラツキを低く押さえる方法として有用である。

LTPP P46のMr試験の手順書は、路床土と舗装用の上層路盤材と下層路盤材の変形特性や強度特性を確認するために開発された。このMr試験は、現場の舗装が受ける応力状態を再現できる。このMr試験方法は、現場の舗装が受ける応力状態を再現でき、相対的に少ない供試体数で舗装材料の繰返し特性を把握し、設計や性能に関する重要なパラメータであるMrや環境に左右される永久変形量を得る事ができる。

以降で説明する内容について、図-6のフローチャートにまとめた。

(1) 試験装置の必要な性能

Mr試験手順書に従って試験を行うために以下に示す装置が必要である。

①データ処理用ソフトを内蔵したコンピュータ

②4chのアナログオシロスコープ(カ

ーソルによる測定値の読みが可能なオートとノーマルスweepモードを持っていること)

③信号発信器(ファンクションジェネレータ)

・波形のAC出力が可能であり、両振幅の最大電圧20Vで分解能は0.01V

・外部入力による安定した変調(ピーク電圧と周波数)

・変調した波形を出力するための可変コントロール(変調周波数領域:2~1000Hz)

④ひずみアンプと指示計

・1 μ mが測定できること

・平行信号の出力つき

・デジタルの入出力

⑤荷重較正用の2.22kNと26.7kNのブルービングリング(力計)

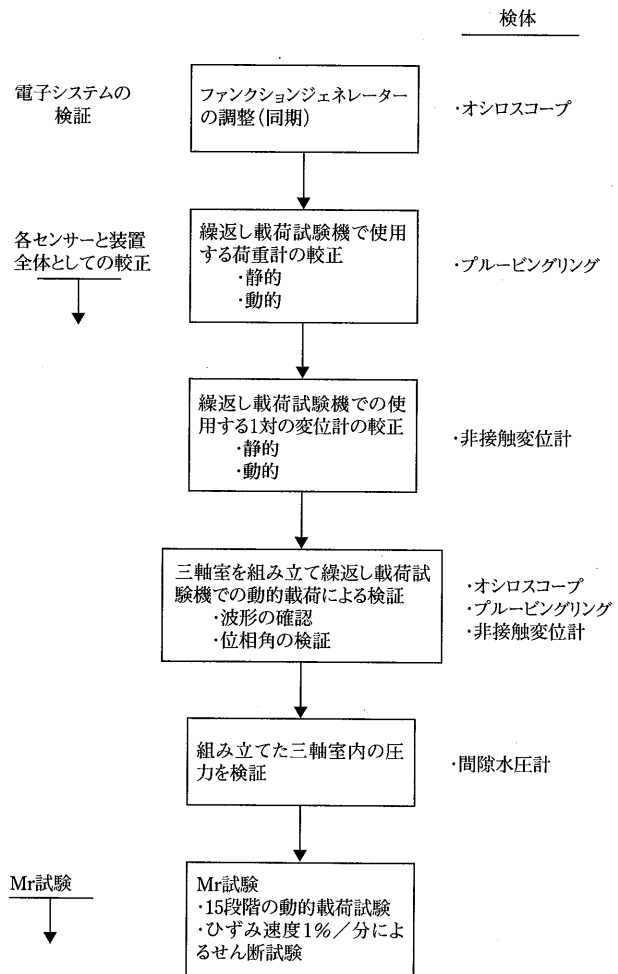


図-6 Mr試験手順書の内容に関するフローチャート

⑥マイクロメータを基準にしたLVDT式校正用変位計で、0.001mmが測定可能で $\pm 2.5\text{mm}$ の範囲のもの。

⑦三軸室内の圧力増加分を調べるための170kPa (1.8kgf/cm²) までの容量を持っている独立した第2の圧力計。

以上のような装置を兼ね備えることにより、LTPP P46によるMr試験の実施が可能となる。

(2) 電子システムの性能に関する検証手順

制御系の周波数応答と信号発振器とデータ記録に関する検証の目的は、LVDTまたは荷重計の動的載荷に対する応答をシミュレートする信号を利用することである。この検証には、信号発振器の出力波形と記録データの波形を比較する方法が一般的である。手順

システム検証の試験手順は、信号発振器とデータ収集システムの周波数応答を調べることである。信号発振器は、動的な動作に対する信号変換器の応答をシミュレートするために利用する。システムの応答は、オシロスコープの測定によってデジタル化されたデータによって決定する。試験および記録を行うチャンネルは、荷重とすべての変形量である。

このステップでの振幅量のエラーが、材料特性の計算に影響を及ぼすことに注意しなければならない。この振幅量のエラーは、試験機と電子制御の両方の原因によって引き起こされる。実験においては電子信号に条件を設け、データ取得システムのエラーが測定結果に影響を及ぼさないようにする。信号発振器による出力波形のステップと振幅のエラーは、一般にローパスフィルターによって引き起こされる。これらのフィルターは、多くの信号発振器の積分回路の一部である。

油圧システムが停止中の条件で、信号発振器のチャンネルに条件を設定し、以下の試験を実行する。

- ①ACタイプの信号発振器に対しては、図-7に示したような2重側帯抑制キャリア信号を発生させるためにキャリア信号と変調信号を同じレベルにする。
- ②信号発振器の周波数を2Hzにセットする。
- ③信号発振器に使うための適正水準に対する信号発振器からの出力電圧を決定する(荷重発生器に対しては両振幅でおよそ0.02V、LVDTの信号発振器に対しては両振幅でおよそ0.2Vに達するように)。電圧の振幅が、この手順を通して

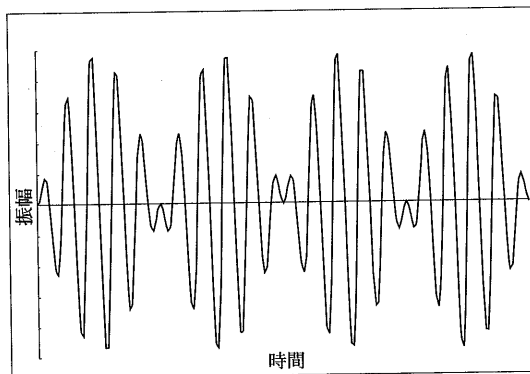


図-7 2重側帯抑制キャリア信号の図

一定であるようにしなければならない。

- ④この信号発生器を校正していないならば、信号発振器の出力をフルスケールに対する90%出力レベルとなるように倍率を調整する。
- ⑤オシロスコープ上で信号発振器の出力を観察し、観察された出力信号の両振幅を記録する。さらに、データ収集システムを利用して信号発振器とその出力信号を記録する。
- ⑥4Hzから20Hzまで2Hzの間隔の周波数で、5番のステップを繰り返す。
- ⑦50Hzで5番のステップを繰り返す。信号発振器による入出力信号間の遅延時間を表-2の様式に記録する。遅延時間の測定及び計算方法は図-8を参考にする。
- ⑧本試験の前に、データ収集を行う全てのチャンネルに対して、この手順を繰り返す。
- ⑨信号発振器で用いたフィルターとセットしたゲインを表-2の様式に記録する。
- ⑩デジタル化されたデータは、表-2の様式に記録した振幅と周波数の信号から計算する。

基準

- ・すべてのチャンネルは、オシロスコープ上で測定され、入出力信号間の遅延時間を50Hzで $\pm 0.5\text{ms}$ の範囲とする。デジタルデータに起因した入出力信号の遅延は、50Hzで0.4ms以内とする。
- ・オシロスコープのサンプリング間隔は1波の3%以内とし、この時の振幅量は一定とする。この入出力信号のゲインは、周波数2Hzで両者の測定値を比較し、決定を行う。もし、信号発振器の出力がAD変換後ならば、両者を等しくするための倍率は1となる。記録データから求めた周波数は、信号発振器の調整ダイヤルによって入出力信号間

表－２ 電子システムの性能検定表

レジリエントモデュラス試験のデータ取得チャンネル点検表

点検年月日 _____

実験室名 _____

装置のモデル名 _____

チャンネルの名称 _____

入力電圧（ピークとピーク） _____

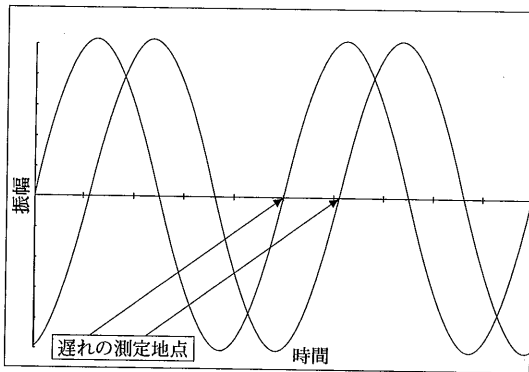
備考 _____

データ取得チャンネル

入力 周波数 (Hz)	信号発信器 の出力電圧 (V)	データ記録 装置の記録 電圧 (V)	データ記録 装置の記録 周波数(Hz)	オシロス コープの 遅延時間 (μ秒)	データ記 録装置の 遅延時間 (μ秒)	信号発信器の 出力に対する 記録電圧は 3%以内か	信号発信器の 周波数に対す る記録周波数 は3%以内か
2	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
4	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
6	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
8	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
10	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
12	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
14	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
16	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
18	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
20	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
50	_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ

ゲインのセット _____

フィルターのセット _____



図－８ 信号発振器による出力波と参照波の図

の差を3%以内とする。

- ・一つのチャンネルの2 Hzから10Hzまでの振幅における最大の偏差は、デジタル化されたデータから決定し、偏差を0.5%以内とする。

上述の基準が満足できなければ、フィルターやデータ収集装置やソフトにおける問題が発生しているので、原因を調査し、再試験を行う。フィルター特

性は、信号における極端な振幅または位相のエラーを起こしてはならない。油圧サーボのフィードバック信号（チャンネル）における不適切なフィルター設定は、油圧アクチュエータの過激な振動（共振）を引き起こす可能性がある。受け入れ基準に合格したならば、フィルターの環境設定を変えてはならない。

(3) システム全体の性能検証と校正の手順

Mr試験のP46手順は、多くの部品や機械から組み立てられた三軸圧縮試験装置を使う。この試験装置は、荷重フレーム、荷重計、間隙水圧計、LVDT、三軸室、コンピュータ、信号発振器等から構成されている。この試験システムの個々の部品について、それぞれの部品をチェックすることによって実際のMr試験中に遭遇する可能性のある問題についてエラーを取り除かなければならない。以下は、Mr試験で使われている個々の部品のチェックを行うための手順である。

LVDT

LVDTのチェックは、LVDTの動作範囲が $\pm 2.5\text{mm}$ で、マイクロメータ頭部にLVDTを用いた較正器を利用する。較正は、Mr試験で要求される範囲で実行する。最小8点の較正は、零のオフセットで開始できるようににする（ $0\text{V} = 0\text{mm}$ ）。マイクロメータの変位量を増加させながら、電圧の値を記録する。 0mm と最大の較正值の前後4点で、この手順を繰り返す。

基準

最適な回帰曲線は、少なくとも R^2 が0.99以上で、変動係数が2%より小さく、ゼロを中心に均等でなければならない。

荷重計

以下の試験で荷重計のゼロ調整を行い、この結果を記録する。載荷試験を実施している最中に0の値が出力されるならば、載荷試験などの疲労の影響により荷重計が損傷したことを示している。

- ①ひずみ発生器で荷重計に2.22kNを与える。
 - ②ひずみ発生器のゲージファクターを2.00にセットする。
 - ③ひずみ表示器のいくつかのバランス信号を0に合わせる。
 - ④ひずみの表示器を最大ブリッジのモードにセットする。
 - ⑤ひずみ変換器のひずみ較正用指示計を2000にセットし、初期ひずみの単位をmv/vとする。
- 表-3に示す様式2の「測定されたゼロ」の欄に測定されたmv/vを記録する。
- ⑥22.2kNの荷重計で1番から5番のステップを繰り返す。表-3中に荷重計のゼロ調整の結果を記録する。

表-3 荷重計の0調整記録表

レジリエントモデュラス試験の荷重計の0調整の記録表

点検年月日 _____
実験室名 _____
装置のモデル名 _____
備考 _____

荷重計の 範囲 (kN)	荷重計の 製造会社	荷重計の 形式	ゼロ調整時 の最大出力 値 (mv/V)	ゼロ調整時 の記録値 (mv/V)
_____	_____	_____	_____	_____

基準

荷重計のゼロ調整の記録が、メーカーで指示された感度に対してフルスケール1.5%を越えていれば、メーカーに検定を依頼する。荷重計が、メーカーの試験機械を利用した荷重計の仕様書を満足するならば、使用に際して問題はない。これがメーカーの仕様書を満足していないならば、荷重計を修理もしくは交換を実施する。

荷重計の較正

荷重計の較正は、アメリカ材料試験協会（ASTM）E4の規格の最新のバージョンに基づいて、国内技術規格協会（NIST）の較正サービスを利用する。較正は、Mr試験を行うために必要な荷重の範囲で実行されるべきである。荷重載荷装置の検定は、前回の検定年月に関係なく、修理または試験機械の配置換えの後や毎年1回は行なわなければならない。

基準

実験室には、Mr試験で使用している荷重計の現在の較正証明書を保管していなければならない。

荷重計の較正の検証（静的）

NISTの証明するブルーピングリングは、実験室で定期的に荷重計の較正を行うために利用する。2.22kNの荷重計を使用するために2.22kNのブルーピングリングを使用し、22.2kNの荷重計のために26.7kNのブルーピングリングを使う。荷重計を較正するためステップは、以下のとおりである：

- ①三軸室のピストンロッドがブルーピングリングの取り付けブロックに接触するように、三軸室内部にブルーピングリングを設置する。もしブルーピングリングが三軸室の内径より大きければ、三軸室なしの状態を検証を行うために三軸室上板を支える特別なロッドを製作する。ブルーピングリングを三軸室の底板に固定し、三軸室の底板を荷重フレームの底板にしっかりと固定する。
- ②2つのLVDTのホルダー（三軸室の上板に据え付けられる）を取り付け、ホルダー内部のLVDTをその中間位置に設置する。
- ③システム制御には、ブルーピングリングの容量の10%の静的な荷重を適用する。ブルーピングリングのダイヤル表示値を表-4と表-5の荷重計とLVDTの較正表に記録する。
- ④ブルーピングリングの荷重容量の90%まで荷重

表－４ 荷重計の校正表

レジリエントモデュラス試験の荷重計の校正表

点検年月日 _____
 実験室名 _____
 装置のモデル名 _____
 備考 _____

点検年月日 _____
 実験室名 _____
 装置のモデル名 _____
 備考 _____

荷重計 # 1

荷重計の 荷重レベル (kN)	ダイヤル ゲージの 読み	ブルーピング リングの荷重値 (kN)	試験用荷重計 の値 (kN)	ブルーピング リングと荷重 計の値の比率
0.222	_____	_____	_____	_____
0.445	_____	_____	_____	_____
0.667	_____	_____	_____	_____
0.890	_____	_____	_____	_____
1.11	_____	_____	_____	_____
1.33	_____	_____	_____	_____
1.56	_____	_____	_____	_____
1.78	_____	_____	_____	_____
2.00	_____	_____	_____	_____

荷重計 # 2

荷重計の 荷重レベル (kN)	ダイヤル ゲージの 読み	ブルーピング リングの荷重値 (kN)	試験用荷重計 の値 (kN)	ブルーピング リングと荷重 計の値の比率
2.67	_____	_____	_____	_____
5.34	_____	_____	_____	_____
8.01	_____	_____	_____	_____
10.7	_____	_____	_____	_____
13.3	_____	_____	_____	_____
16.0	_____	_____	_____	_____
18.7	_____	_____	_____	_____
20.0	_____	_____	_____	_____

表－５ 変形量の校正表

レジリエントモデュラス試験の変形量の校正表

点検年月日 _____
 実験室名 _____
 装置のモデル名 _____
 備考 _____

荷重に対する変形量

目標とする 荷重 (kN)	適用荷重の 平均値 (kN)	測定した変形量の平均値 (mm)			$R_v = Y_{max}/Y_{min}$ が 1.1より小さい か？	荷重と変形量 の変動幅は 5%以内か？
		LVDT#1 (mm)	LVDT#2 (mm)	2つの測定 値の平均値		
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ
_____	_____	_____	_____	_____	はい/いいえ	はい/いいえ

荷重レベルは、ブルーピングリングと荷重計の校正に用いた荷重レベルを参考にして定める。

を10%ずつ増加させ、3番のステップを繰り返す（この時、荷重計の容積を越えないようにする）。

⑤ブルーピングリングの荷重計の換算式（それぞ

れのリングの証明書の値）を利用して荷重値に換算し、表－４、５にそれらの値を記録する。

⑥そしてブルーピングリングによって測定された値と荷重計の値（すなわち図－９の様に）を図表

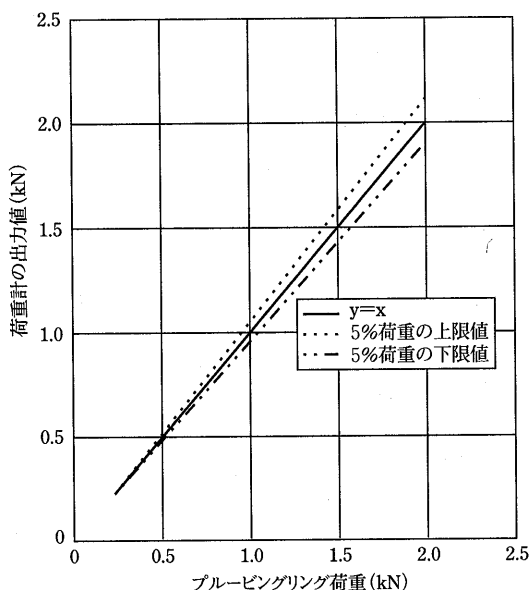


図-9 静的載荷による荷重計と2.22kNブルーピングリングの荷重の比較

上にプロットし、グラフ上に示された5%範囲内にあるかどうかを判断する。測定された荷重にエラーが確認されたならば、荷重計を再び較正するか、新しい荷重計を設置しこの方法で再度較正を行う。

⑦与えられた荷重におけるブルーピングリング変位測定値からリングの変換係数を用いて、変形量を計算する。ブルーピングリング変位測定値とLVDT測定値の平均値を比較する。もし、両者の差が5%を越えていれば、LVDTのゆるみ、三軸室のゆるみ、三軸用ピストンにおける摩擦などのシステムをチェックする。

⑧この一連の処理をおのおのの荷重計と三軸室について、それぞれ3回繰り返す。

基準

ブルーピングリングの荷重と荷重計の値の差は、5%以内でなければならない。ブルーピングリングの変位量と2つのLVDT測定値の平均値との差も5%以内でなければならない。

荷重と変形の応答チェック（動的）

このステップは一般的であり、実験室で使われている2種類のブルーピングリングで実行することができる。図-10に示された関係は、このMr試験用のP46手順で動的実験を行うために行われた。異なるブルーピングリングでは、このリングの堅さに対

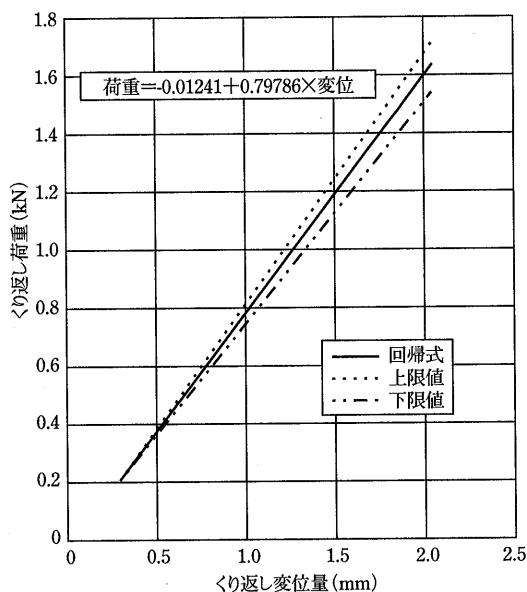


図-10 動的載荷による2.22kNブルーピングリングの荷重-変形量特性

する動的特性が異なり、異なったブルーピングリングを利用している実験室では、試験で得られる荷重と変形量の関係は図-10と異なる。P46手順書の検証のために、FHWAのターナーフェアバンク実験室が参考実験室となった。

図-10はターナーフェアバンク実験室で行われた試験結果であり、それぞれの実験室で使っているブルーピングリングについて図-10の様な新しい回帰線を求めなければならない。±5%の範囲は、以下で記述したように荷重に対する変形応答の定期的な検証のために利用することができる。

①三軸室における2.22kNのブルーピングリング（中央の表示器なし）の位置は、三軸室の軸がブルーピングリングを設置した上板面と接触するようにする。ブルーピングリングが三軸室の内側より大きければ、三軸室を取り除き、三軸室の上板を支えるための位置に特別なロッドを製作し取り付ける。このため、ブルーピングリングは三軸室の底板に設置し、ボルト締めをしなければならない。そのうえ、三軸室の底板も荷重フレームの反力底板とボルト締め（しっかりと固定させる）をしなければならない。2.22kNのブルーピングリングでは、荷重測定のための2.22kNの荷重計を使う。

②LVDTのホルダー（三軸室の上板に取り付ける）

に2個のLVDTセンサーを設置し、LVDTの位置がホルダーの中心となるようにする。

③システムの検証中は、全試験中に0.267kNの固定用の静的荷重を載荷し、0.9sの休止時間と0.1sのハーバーサイン波の荷重パルスの組み合わせを30サイクル繰り返す。試験の荷重は、0.467kN、0.667kN、0.867kN、1.07kN、1.27kN、1.47kN、1.67kN、1.87kN、2.07kNである。各荷重ごとの1秒当たりのサンプリングは少なくとも500回（500データはチャンネルごとの秒当たりの数）とし、データ収集システムを利用して記録時間と荷重と変位を記録する。荷重測定のための荷重計と変位測定のための外部変位計を三軸室の上板に2個セットする。

④それぞれの荷重での代表的なサイクルに対する時間に対する荷重の値（荷重計からの読み）から作図する。同時に発生する2つのピークと典型的な荷重パルスと理想的なハーバーサインを重ねる。実際の荷重パルスと理想的な荷重パルスを載荷と休止時間の波形で比較する。両者の荷重パルスが相似的でなく、0.1sの載荷と0.9sの休止時間の1周期（休止時間を含む1.0s）が相違していれば、妥当な荷重パルスを発生させるために必要な調整を行う。

もし、繰り返し載荷中の荷重パルス形状が油圧ピストンの摩擦などによる問題、不適当な油圧バルブのサイズ、荷重を制御するソフトウェアの問題に対する改善ができないならば、再度調整を行わなければならない。

⑤それぞれの荷重レベルで、荷重のサイクルに対する（三軸室の上板につけた2個の外部LVDT値）時間を評価するために荷重と変位量の図を作製する。時間に対する荷重パルスと変位波形が適当であることを調べる。変位波形が適当でなければ、LVDTホルダーのずれなどの（荷重ピークと同時に発生する変位ピークで、荷重パルスと同様の形状）問題を調査し、再度試験を繰り返す。

⑥図-10で準備した図表を使って、それぞれの荷重レベルで適用された荷重の平均値に対する平均変形量を図化する。記録された荷重値は、全ての荷重レベルで2.22kNのブルーピングリングで示された5%の範囲内でなければならない。データの回帰係数は0.99より大きくなければなら

ない。

⑦収集された変形の記録は、垂直変形の比率について表-5を使って評価する。受け入れ可能な垂直変形比率（ R_v ）は、 $R_v = Y_{\max}/Y_{\min} < 1.10$ と定義する。ここでは2つの垂直変形量のうち大きい方を $Y_{\max}$ とし、小さい方を $Y_{\min}$ とする。受け入れ不可能な垂直変形が（すなわち、 $R_v > 1.10$ ）得られたとき、ブルーピングリングの設置やLVDTホルダーの直線性のずれなどを調査し、この原因がなくなるまで試験を休止する。

⑧26.7kNのブルーピングリングを用いて1番から7番のステップを繰り返し、22.2kNの荷重計で得られた結果から作成した図を利用する。全ての試験中で26.7kNの設置荷重を用いて、それぞれの荷重レベルで5.07kN、7.47kN、9.88kN、12.3kN、14.7kN、17.1kN、19.5kNのピーク荷重を用いる。

⑨その過程は、それぞれの荷重計と三軸室の組み合わせによって3回繰り返す。

基準

使われるハーバーサインの波形は、理想的なハーバーサイン波に近いこと。平均変形量と適用した平均荷重の関係が5%境界線の範囲内にあり、相関係数 R^2 は0.99より大きいこと。

システムの動的な応答のチェック

システムの動的な応答を進める前に、過度の摩擦力や三軸室周辺の接合箇所を調査し、ダイヤルゲージ式表示器無し状態で、2.22kNと26.7kNのブルーピングリングを使って図-11に示されたような周波数に関するシノソイドの動的載荷試験の荷重とそれに誘導された変位間のタイムラグ（位相角）を調べる。変位測定は、三軸室の上板に取り付けた2個の外部LVDTを使う。2.22kNの荷重計の荷重を測定するために、2.22kNのブルーピングリングを利用する。

システムの動的応答を調べるためのステップは以下の通りである：

①システム応答に関する試験の周波数は1、5、10Hzで、1.11kNの平均圧縮荷重を適用し、1.33kNの両振幅で100サイクルのシノソイドの動的荷重を適用する。最後の5サイクルの荷重と変形測定の記録する。1Hzの段階では1サイクル200個のデータで、サンプリング時間は5秒。5Hzの段階では1サイクル200個のデータで、サンプリング時間は1秒。10Hzの段階

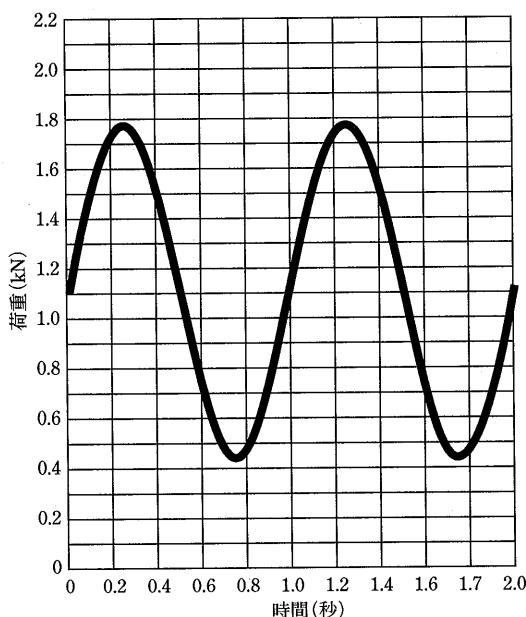


図-11 2.22kNブルーピングリングを使った
1 Hzのシノソイド波形

では1サイクル200個のデータで0.5秒。

- ②デジタルデータを利用し、荷重と変位間の位相角を計算する。各周波数レベルの5サイクルの位相角の測定結果は、0.5度以内に収束していなければならない。観測された平均位相角（5サイクルの平均値）の最大値は、それぞれの3種類の周波数レベルにおいて2.8度より少なくななければならない。この位相角の値が2.8度より大きければ、システムは機械の接合箇所（三軸室、三軸ピストン、供試体）、摩擦的な力、機械の位相角（フィルター環境における偶然の変化などの要因によって）などの誘発要因についてチェックする。そして動的な実験を繰り返す。位相角2.8度の基準は、1.8度の電子的な誤差による位相角の変動と1度未満の望まれる誤差範囲内の位相角とする。
- ③22.2kNの荷重計では、26.7kNのブルーピングリングを使って1番と2番のステップを繰り返す。11.1kNの平均圧縮荷重と13.3kNの両振幅荷重を利用する。
- ④この過程は、それぞれの3種類の荷重計と三軸室に対して繰り返す。全体的な組立はこの検査の後に実施する。

基準

位相角の測定値は、2.8度より少なくなればな

らない。

位相角の計算方法

位相角の計算は、入力値である荷重と出力値である変形量（2つのLVDTのうちのいずれか）の値を用いて行う。

$$y = A \cos(2\pi Ft + \theta) + b \quad (5)$$

ここで、A：振幅、F：周波数、t：時間、

θ ：時間データに基づく位相、

b：オフセット

(1)式に

$$A = \sqrt{(m_1^2 + m_2^2)}, \quad \theta = -\arctan(m_1/m_2)$$

とすると、

$$y = m_1 \sin(2\pi Ft) + m_2 \cos(2\pi Ft) + b \quad (6)$$

さらに、 $x_1 = \sin(2\pi Ft)$ $x_2 = \cos(2\pi Ft)$ とすると、

$$y = m_1 x_1 + m_2 x_2 + b \quad (7)$$

になる。

三軸室

Mr試験を行うために使われる三軸室は、路盤材用の三軸室であるタイプ1（供試体寸法 ϕ 150mm、高さ300mm）と路床土用の三軸室であるタイプ2（供試体寸法 ϕ 71mm、高さ142mm）のそれぞれの試験条件における拘束圧を保持できなければならない。拘束圧は、それぞれの応力レベルで10分間に渡って一定でなければならない。三軸室のチェックは、以下に示したステップによって行われる：

- ①三軸室の第2の圧力口の上に、間隙水圧計を取り付ける。拘束圧をかけることができるように三軸室を密封にする。
- ②試験システムの制御には、三軸室内の圧力を定められた拘束圧（表-6に示された書式）に合わせ、10分間継続させる。タイプ1の三軸室の拘束圧は、5つのレベルを維持できなければならない（21, 34, 69, 103と138kPa）。タイプ2の三軸室の拘束圧は、3つのレベルを維持できなければならない（14, 28と41kPa）。
- ③試験システムの制御には、三軸室内の圧力を定められた拘束圧に合わせ、10分間継続させる。タイプ1の三軸室の拘束圧は、5つのレベルを維持できなければならない（21, 34, 69, 103と138kPa）。タイプ2の三軸室の拘束圧は、3つのレベルを維持できなければならない（14, 28と41kPa）。

表－6 三軸室の拘束圧の較正表

レジリエントモデュラス試験の三軸室圧力計の較正表

点検年月日 _____

実験室名 _____

装置のモデル名 _____

三軸室 タイプ1 , タイプ2

三軸室の圧力

時間 (分)	圧力レベル #1 (kPa)		圧力レベル #2 (kPa)		圧力レベル #3 (kPa)		圧力レベル #4 (kPa)		圧力レベル #5 (kPa)	
	装置	ゲージ	装置	ゲージ	装置	ゲージ	装置	ゲージ	装置	ゲージ
0										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

圧力レベルは、装置の出力とゲージからの出力の変動が2.5%以内でなければならない。

基準

この試験手順におけるシステムと計測器の圧力は、目標値の2.5%以内でなければならない。

2.3 実際の試験手順

以下の試験手順は、主に従来のLTPP P46 (AASHTO T 294)に基づいている。本手順書で提案されているMr試験方法は、供試体の準備、締固めとMr試験については従来のものを踏襲している箇所が多いので、以降では従来の試験方法と比較して変更になっている箇所について説明する。以下の説明では、タイプ1が路盤材で、タイプ2が路床土の説明である。

2.3.1 供試体寸法

従来の試験法 (AASHTO T-294) では、骨材の最大粒径に応じ、供試体寸法が直径75mm, 100mm, 150mmの3段階で規定されていたが、この試験以降には骨材最大粒径の5倍以上の直径が必要とされ、供試体寸法が表－7に示すように変更されている。

2.3.2 試験の手順

本手順書では、試験中に供試体と載荷ピストンやキ

ャップが離れたり跳ねたりしないように、供試体を固定するための設置応力を最大軸応力の10%としている。

変位測定では、左右のLVDTからの測定値の垂直変形比率 (Rv) が1.1より大きくなると、供試体が偏向して圧縮していると判断し、再度試験を行うこととなっている。

タイプ1の路盤材の試験は、表－8に示す15段階の応力レベルで行い、タイプ2の路床土の試験は表－9に示す15段階の応力レベルで行う。

Mr試験終了後に、軸方向の累積永久変形量が5%を越えていなければ、ひずみ速度1%/分の試験条件で静的な (ひずみ速度一定) セン断試験を行い、最大せん断強度を求めることが規定された。これは、繰返し試験を行う前のせん断強度と繰返し試験を行った後の供試体のせん断強度を測定し、繰返し試験の強度増加の比率を求め、施工後の交通荷重による強度増加がある材料であるかなどを検討するために試験に盛り込まれた。

3. まとめ

本手順書は、レジリエントモデュラス試験による動的載荷時の装置に関する問題や機種間の誤差をなくすために、検討されたものである。

この中には、試験機メーカーとして取り組まなければならない問題と試験を行う担当者が注意しなければ

表－7 試験に用いる供試体寸法

	骨材最大粒径 (D)	供試体寸法 (mm)	
		直径	高さ
路盤材	38mm以上	Dの5倍以上	直径の2倍以上
	31.5mm以下	150	300
路床土	12.5mm以下	71	142

表－8 タイプ1（上層路盤／下層路盤）の試験手順

試験 番号	拘束圧 kPa	最大軸応力 kPa	繰返し応力 kPa	設置応力 kPa	繰返し 回数
0	103.4	103.4	93.1	10.3	500-1000
1	20.7	20.7	18.6	2.1	100
2	20.7	41.4	37.3	4.1	100
3	20.7	62.1	55.9	6.2	100
4	34.5	34.5	31.0	3.5	100
5	34.5	68.9	62.0	6.9	100
6	34.5	103.4	93.1	10.3	100
7	68.9	68.9	62.0	6.9	100
8	68.9	137.9	124.1	13.8	100
9	68.9	206.8	186.1	20.7	100
10	103.4	68.9	62.0	6.9	100
11	103.4	103.4	93.1	10.3	100
12	103.4	206.8	186.1	20.7	100
13	137.9	103.4	93.1	10.3	100
14	137.9	137.9	124.1	13.8	100
15	137.9	275.8	248.2	27.6	100

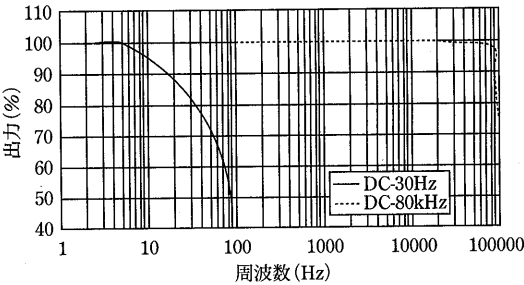
表－9 タイプ2（路床材）の試験手順

試験 番号	拘束圧 kPa	最大軸応力 kPa	繰返し応力 kPa	設置応力 kPa	繰返し 回数
0	41.4	27.6	24.8	2.8	500-1000
1	41.4	13.8	12.4	1.4	100
2	41.4	27.6	24.8	2.8	100
3	41.4	41.4	37.3	4.1	100
4	41.4	55.2	49.7	5.5	100
5	41.4	68.9	62.0	6.9	100
6	27.6	13.8	12.4	1.4	100
7	27.6	27.6	24.8	2.8	100
8	27.6	41.4	37.3	4.1	100
9	27.6	55.2	49.7	5.5	100
10	27.6	68.9	62.0	6.9	100
11	13.8	13.8	12.4	1.4	100
12	13.8	27.6	24.8	2.8	100
13	13.8	41.4	37.3	4.1	100
14	13.8	55.2	49.7	5.5	100
15	13.8	68.9	62.0	6.9	100

ならない問題が含まれている。

本手順書には、動的な較正について方法と試験結果の事例が示されているが、変位センサーの周波数特性に関する記述がされていない。変位センサーの周波数特性の例を図－12に示す。この例は、変位センサーの測定範囲が±1mmのものであり、DC-30Hzは分解能が0.02μmで粒状材や路床土に適しており、DC-80kHzは分解能が0.1μmで安定処理したものに適している。

これより、測定したい供試体の載荷周波数レベルに応じて、変位計の周波数に依存する感度等を変えながら測定条件を設定することが重要である。



図－12 変位センサーの周波数特性

今後、舗装試験法便覧別冊で規定されている路盤・路床土のMr試験方法について、試験装置の較正方法やセンサーの感度などに関する諸問題をどのように取り入れるかなどの検討が必要となるであろう。

— 参考文献 —

- 1) LTPP Materials Characterization Program: Resilient Modulus of Unbound Materials (LTPP Protocol P46) Laboratory Startup and Quality Control Procedure, FHWA-RD-96-176, January 1997.
- 2) Barksdale, R. G.; Compressive Stress Pulse Time in Flexible Pavements for Use in Dynamic Testing, Highway Research Record 345, HRB, pp.32-44, 1971.
- 3) Humphries, W. K. and Wahls, H. E.; Stress History Effects on Dynamic Modulus of Clay, Proc ASCE, Vol.194, SM2, 1968.
- 4) 山内豊聡：路盤材料に関する研究－繰返し荷重とその構造的機能－，道路建設，No.224，1966.
- 5) Shook, J. F., and Kallas, B. F.; Determining Material Properties, Conf. on Flexible Pavement Design and Performance, Pennsylvania State University, University Park, November 12-16, 1973.
- 6) Brown, S. B.; Laboratory Testing for Use in the Prediction of Rutting in Asphalt Pavements, TRB, TRR 616, 1976.
- 7) Rada, G. and Witczak, M. W.; Comprehensive Evaluation of Laboratory Resilient Moduli Results for Granular Material, TRB, TRR 810, 1981.
- 8) AASHTO: Standard Specification for Transportation Material and Methods of Sampling and Test-

ing, Resilient Modulus of Subgrade Soils, T 274-82, 1986.

9) 阿部長門他：粒状路盤材・路床土のレジリエントモデュラス，土木学会第48回年次学術講演会，V-426，1993.

10) AASHTO: Standard Specification for Transportation Material and Methods of Sampling and Testing, Resilient Modulus of Unbound Granular Base/Subbase Materials and Subgrade Soils - SHRP Protocol P46, T 294-92I, 1992.

重交通道路の舗装用アスファルト

「セミブローンアスファルト」の開発

B 5 版・132ページ・実費頒価 3000円（送料実費）

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

目次

1. 研究の概要	4.4 高速曲げ試験
1.1 文献調査	4.5 水浸マーシャル安定度試験
1.2 室内試験	4.6 試験結果のまとめ
1.3 試験舗装	4.7 品質規格の設定
1.4 研究成果	5. 試験舗装による検討
2. 舗装の破損の原因と対策	5.1 概 説
2.1 アスファルト舗装の破損の分類	5.2 実施要領
2.2 ひびわれ (Cracking)	5.3 施工個所と舗装構成
2.3 わだち掘れ (Rutting)	5.4 追跡調査の方法
3. セミブローンアスファルトの開発	5.5 使用アスファルトの性状
3.1 概 説	5.6 アスファルト混合物の性状
3.2 市販ストレートアスファルトの60℃粘度調査	5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状
3.3 製造方法の比較	5.8 第3次試験舗装の供用性
3.4 セミブローンアスファルトの試作	5.9 アンケート調査
3.5 試作アスファルトの特徴	5.10 試験舗装のまとめ
3.6 60℃粘度と他の物理性状の関係	6. む す び
3.7 薄膜加熱による性状変化	資 料
4. セミブローンアスファルトを用いた混合物の性状	1. セミブローンアスファルトの規格 (案)
4.1 概 説	2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法
4.2 マーシャル安定度試験	2.2 60℃粘度試験の共通試験
4.3 ホイールトラッキング試験	3. 舗装用セミブローンアスファルトの舗装施工基準

性能規定発注

平成11年2月10日付、建設省記者発表において、アスファルト舗装工事において初めて性能規定による発注方式の試行が示されました。

ここでは、工事発注者は工事目的物の性能を定量的に規定し、従来の仕様規定発注で示されていた材料、施工方法等の仕様は、受注者からの提案を受けるという型での発注方式を試験的に導入するということが明示されました。

この発表を受けて建設省関東地方建設局では、表-1に示すような性能のアスファルト舗装工事2件を発注し、実施に移されました。

表-1の性能のうち、耐塑性変形は舗装完成時に、表層に用いたアスファルト混合物が所要の動的安定度を満足することを確認するように規定されています。

さらに、イ)排水性、ロ)平坦性、ハ)騒音値はいずれも完成路面での測定が義務付けられたものとなっており、性能が満足されない場合は受注者が回復措置をとるというペナルティとボーナスの考えを明示したものとなっております。

特に、騒音値は舗装路面測定車(RAC: Road Acoustic Catcher)による特殊タイヤ音の計測値をもとに、各周波数毎の等価音圧レベルを計算して評価することによりしております。

一方、日本道路公団においても、東九州自動車道舗装工事の一部に性能発注工事の試験施工が行われました。ここでは工事完成時の舗装の性能として、イ)平坦性、ロ)すべり抵抗性、ハ)排水機能を、また、3年経過後の舗装の性能として、イ)すべり抵抗性、ロ)排水機能、および、ハ)わだち掘れ量を定量化した内容となっております。

さらに、最近の動きでは、建設省九州地方建設局でも車道舗装を対象に、表-2に示すような内容の性能規定発注が実施されようとしています。ここでは、騒音値として、従来から経験のある排水性舗装よりさらに性能をアップしたものが望まれていることが特徴

表-1 性能規定(1)

工程	性能項目	完成時	1年後
表層	耐塑性変形	動的安定度 4,000回/mm以上	—
	排水性	現場透水試験 1,000ml/15sec以上	—
	平坦性	各車線毎に σ 2.4mm以内	—
	騒音値	騒音測定車(特殊タイヤ音)で各車線毎に測定(走行速度 50/km/h)し、全車線の平均値が基準値 89dB (A) (L_{Aeq}) 以下	左記測定により全車線の平均値が 90 (A) (L_{Aeq}) 以下

- 注) 1. 騒音測定車による測定方法は環境基準で用いられている測定方法と異なるため、環境騒音との直接比較はできない。
2. 通常の舗装の騒音測定車による測定値は平均約 98dB (A) (L_{Aeq}) 程度。

表-2 性能規定(2)

工程	性能項目	完成時	1年後
表層	耐塑性変形	動的安定度 3,000回/mm以上	—
	平坦性	各車線毎に σ 2.4mm以内	—
	騒音値	一般区間の排水性舗装の騒音値レベルを下回るものとする。	左記と同様に騒音値が一般区間を下回るものとする。

- 注) 1. 一般区間とは、試行工事区間以外の施工区間をいう。

的であります。

いずれにせよ、舗装に要求される性能をクリティカルにし、その機能や性能に応じて設計・施工条件を変えろという考え方への挑戦が強調される傾向にあります。その一つの動きとして、日本道路協会・アスファルト舗装小委員会での検討例として、図-1のものがああり、走行性、環境性という性能の評価が示されていることが注目されます。

[小島 逸平 (株)ガイアートクマガイ技術研究所]

耐久性	耐荷重力	一回の大荷重の載荷でこわれないこと
	耐流動性	夏期の高温で塑性変形しないこと
	耐すべり性	安全走行に必要なすべり抵抗を有していること
	耐疲労性	繰返し荷重によってひび割れが発生しないこと
	耐摩耗性	車両等の走行で路面がすり減らないこと
	耐はく離性	水分の影響で骨材とモルタルがはがれないこと
	耐飛散性	タイヤチェーン等の衝撃で骨材が飛散しないこと
走行性	安全性	耐すべり性 安全走行に必要なすべり抵抗を有していること
		耐水性 路面から水を排除すること
	快適性	平坦性 走行車両に不安な振動を与えないこと 低騒音性 車内に不快な騒音を与えないこと
環境性	景観性	周囲の景観と調和すること
	リサイクル性	材料の再利用が可能であること
	透水性	雨水を地下に還元すること
補修性	低騒音性	走行車両から発生する騒音を低減すること
		補修が容易であること

図-1 舗装に要求される機能の例

60℃粘度試験

昭和50年度から51年度にかけて、アスファルト舗装の耐流動性に関する調査、研究が日本アスファルト協会で開始された。

そこで従来、アスファルトのコンシステンシーは、針入度と軟化点によって代表されてきたが、アスファルト舗装の塑性流動に起因する流動わだち掘れ(Rutting)現象を考えた場合、夏期のわが国におけるアスファルト舗装表面最高温度は一般的には約60℃程度になることからアスファルトの60℃粘度によってアスファルトを区分する方が合理的であると考えられた。

そして、このことを確認するために、市販のストレートアスファルトの「60℃粘度」を含む諸性状を測定した。

調査対象市販ストレートアスファルトの60℃粘度は、二重円筒型回転式粘度計ならびに減圧毛管式粘度計によって測定された。

性状測定結果は表-1に示すとおりであるが、市販ストレートアスファルト60～80、5種類の減圧毛管式粘度計による60℃粘度は1,540～3,050poise (154～305Pa・s)の範囲にあり、ストレートアスファルト80～100、4種類の60℃粘度は1,100～1,560poise (111～

156Pa・s)の範囲にあった。

次いで「60℃粘度」を高めたセミプローンアスファルトが試作され、混合物試験によって性能が確認された。

そして、数多くの試験施工および追跡調査が実施され現在のセミプローンアスファルトの規格が制定されたのである。

当初、60℃粘度が高ければ高いほど耐流動性にすぐれ、わだちが起きにくいと考えられたが、一方、あまりに60℃粘度が高いとひびわれ(クラック)の問題を生じるため、セミプローンアスファルトの60℃粘度は $10,000 \pm 2,000$ poise, ($1,000 \pm 200$ Pa・s)と設定された。

セミプローンアスファルトは加熱したストレートアスファルトに軽度のブローイング操作(加熱した空気を吹き込む操作)を加えて感温性を改善し、かつ、60℃における粘度を高めた改質アスファルトである。その60℃粘度は、一般に使用する40～60、60～80、80～100の石油アスファルトに比べ3～10倍高い。このため、流動対策に重点を置く場合に使用されている。セミプローンアスファルト(AC100)の規格は表-2に記す。

表-1 市販ストレートアスファルト60～80、80～100の性状測定結果

項 目		針 入 度 60/80					針 入 度 80/100			
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9
舗装用石油アスファルトの規格試験項目	針入度 (25℃, 100 g, 5 sec)	62	68	71	72	73	80	84	90	92
	軟化点 ℃	49.5	48.5	48.5	47.5	48.0	47.0	45.0	45.5	45.5
	伸 度 (15℃), cm	150*	150*	150*	150*	150*	150*	150*	150*	150*
	蒸発質量変化率 %	0.00	0.01	増0.01	増0.01	増0.01	0.01	0.00	増0.01	0.01
	蒸発後の針入度 原針入度に対する%	93.5	91.3	87.3	93.1	94.4	88.3	91.7	93.3	91.2
	蒸発後の針入度比 %	101.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	102.4	101.2
	薄膜加熱質量変化率 %	-0.08	+0.02	-0.13	-0.09	-0.06	-0.02	-0.07	-0.08	-0.01
	薄膜加熱後の針入度変化率 %	64	63	69	61	68	62	60	65	60
	四塩化炭素可溶分 %	99.8	99.8	99.9	99.8	—	99.6	99.6	99.8	99.7
	引火点 ℃	340	324	362	334	—	326	338	332	334
	比 重 (25/25℃)	1.041	1.029	1.032	1.023	—	1.023	1.022	1.036	1.023
	フラスこぜい化点 ℃	-13	-14	-13	-12	-16	-11	-12	-17	-14
高温粘度	120℃ cSt	1,262	1,010	1,109	762	1,047	732	644	886	679
	140℃ cSt	475	375	420	300	400	293	250	345	275
	160℃ cSt	210	178	171	138	180	131	110	161	130
	180℃ cSt	105.0	85.0	88.2	67.2	90.9	64.5	59.8	78.8	64.7
60℃粘度	減圧毛管式 poise	3,050	2,310	2,700	1,540	2,170	1,240	1,160	1,560	1,110
	二重円筒型回転式 poise	3,070	2,220	2,490	1,670	2,290	1,290	1,200	1,560	1,170

表-2 セミブローンアスファルト (AC100) の規格

項 目	規格値
粘度 (60℃) poise	10,000±2,000
粘度 (180℃) cSt	200以下
薄膜加熱質量変化率 %	0.6以下
針入度 (25℃) 1/10mm	40以上
三塩化エタン可溶分 %	99.0以上
引火点 ℃	260以上
密度 (15℃) g/cm ³	1.000以上
粘度比 (60℃, 薄膜加熱後/加熱前)	5以下
備考 ①180℃の粘度のほか, 140℃, 160℃における動粘度を試験表に付記すること。 ②試験方法は, 「舗装試験法便覧」を参照する。	

アスファルト舗装の供用性を低下させる破壊現象は、交通条件によって現れ方は異なるが、主として交通荷重による表層・基層アスファルト混合物の塑性変形によるわだち掘れ (Rutting)、疲労によるひびわれ (Cracking)、低温クラック、アスファルト混合物のアスファルトが骨材表面からはがれるはく離 (Stripping)、そしてタイヤチェーン等による摩耗 (Abrasion) があげられる。

一般的にアスファルト舗装の破損は、わだち掘れ (Rutting) とひびわれ (Cracking) に代表される。アスファルト舗装の構造設計法は、各国の機関によって数多く発表されているが、いずれもわだち掘れ (Rutting) とひびわれ (Cracking) の防止を基本的課題としている。

わが国のアスファルト舗装の構造設計法は昭和42年にほぼ確立し、現在に至るまでその妥当性は広く認識されてきている。そうした意味では、舗装構造に起因するわだち掘れとひびわれは施工が適切であれば、所定の供用期間中には問題の生じない程度に制御されていると見てよい。

しかし、最近の重車両交通量の増大、夏季の猛暑による舗装表面温度の上昇、一般に道路幅員がせまく、車輪の走行位地が一定しているという厳しい車道ではアスファルト舗装混合物の流動によるわだち掘れ問題は深刻化してきている。その軽減策として、アスファルトの感温性の改善に着目し、わだち掘れが特に進行する夏季の高温時 (60℃) の粘度を高めた重交通道路舗装用アスファルトとしてセミブローンアスファルトが昭和53年度アスファルト舗装要綱 (日本道路協会発行) に登場した。

現在まで重交通道路舗装用アスファルトとしてセミブローンアスファルトは広く実績を重ねてきている。

最近では排水性舗装の基層にセミブローンアスファルトを使用し、表層に高粘度改質アスファルト仕様という耐久性を考慮した排水性舗装を使用するケースも見られる。

舗装に対するニーズの変化にともない、アスファルトに求められる機能も多様化してきているが、耐久性や機能性を持たせる目的でポリマー添加による改質アスファルトが開発され、昭和63年度版アスファルト舗装要綱 (日本道路協会発行) でゴム・熱可塑性エラストマーや熱可塑性樹脂入りアスファルトが一般に使用されるようになった。そしてこれらのポリマー添加の改質アスファルトの出荷量も順調に増加している。

ポリマー改質アスファルトのなかで、高粘度改質アスファルトや超重交通用改質アスファルトでも「60℃粘度」が規格項目として用いられているが、これらのポリマー含有比率の高い改質アスファルトについては「60℃粘度試験」の適否及び試験精度に関して論議が高まっている。

石油学会アスファルト分科会アスファルト粘度試験専門委員会の照合試験によると現在一般的に使用されている減圧毛管式60℃粘度の試験精度を舗装試験法便覧に規定されている方法に準拠して実施した結果、ストレートアスファルトは繰り返し性および再現性とも精度の目標値である変動係数7%以下を満足できる結果であったが、ポリマー添加の改質アスファルトである改質アスファルトⅠ・Ⅱ型、高粘度改質アスファルトについては再現性が悪いと報告されている。

そして、その傾向はポリマー含有比率の高い改質アスファルトのように60℃粘度が高くなれば高くなるほど悪い傾向を示したと報告されている。

これは減圧毛管式60℃粘度計によってポリマー添加改質アスファルトを測定する場合、せん断速度等の影響が大きく、特に試料により異なるゴム弾性の影響の低減が困難であることによる。さらに粘度計メーカーからもポリマー添加の改質アスファルトへの減圧毛管式60℃粘度計の適用は問題ありとのコメントもあったと報告されている。

したがって、今後、ポリマー含有比率の高い改質アスファルトについては「60℃粘度試験」の適否及び試験精度に関してさらに論議が高まると思われるが、同時に現行法にとらわれない新しい試験方法等の検討が

— 参考文献 —

- 1) 重交通道路の舗装用アスファルト「セミブローンアスファルト」の開発, (社)日本アスファルト協会発行
- 2) 「改質アスファルト60℃粘度試験方法の検討結果」, (社)石油学会アスファルト分科会専門委員会報告書
- 3) 「アスファルト舗装要綱」, (社)日本道路協会〔青木 秀樹 昭和シェル石油(株)中央研究所〕

フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針 (案)

B 5 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プス・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。

フルデプス舗装は、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、フルデプ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、フルデプ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 フルデプス・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 |

<統計資料>

主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況

(単位：1,000kl, %)

原油名 年度	アラビアンヘビー		イラン・イランヘビー		クウェート		カ フ ジ		小 計		総 輸 入 量	
	数 量	構成比	数 量	構成比	数 量	構成比	数 量	構成比	数 量	構成比	数 量	構成比
60 年	10,454	5.3	6,273	3.1	2,578	1.3	9,698	4.9	29,003	14.6	198,330	100.0
61 年	7,174	3.7	7,506	3.9	5,979	3.1	8,482	4.4	29,141	15.0	194,515	100.0
62 年	12,925	7.0	7,789	4.2	10,311	5.6	6,267	3.4	37,293	20.1	185,364	100.0
63 年	9,130	4.7	6,095	3.1	8,124	4.2	6,374	3.3	29,723	15.3	193,850	100.0
元 年	4,500	2.1	8,991	4.3	9,671	4.6	8,910	4.2	32,072	15.3	209,700	100.0
2 年	6,378	2.8	8,921	3.9	7,492	3.3	7,386	3.2	30,177	13.2	228,760	100.0
3 年	11,219	4.6	8,548	3.5	796	0.3	3,839	1.6	24,402	10.1	242,697	100.0
4 年	7,124	2.8	9,127	3.6	8,568	3.4	7,168	2.9	31,987	12.7	251,233	100.0
5 年	7,543	3.0	10,554	4.1	10,816	4.2	7,497	2.9	36,410	14.3	255,135	100.0
6 年	6,707	2.5	12,681	4.7	10,325	3.8	7,496	2.8	37,209	13.7	270,813	100.0
7 年	5,042	1.9	10,490	3.9	11,967	4.5	8,819	3.3	36,318	13.6	266,828	100.0
8 年	4,387	1.7	10,354	3.9	13,706	5.2	7,911	3.0	36,358	13.8	263,445	100.0
9 年	5,500	2.0	10,904	4.0	16,019	5.9	9,021	3.3	41,444	15.3	271,701	100.0
10 年	6,586	2.6	12,041	4.7	14,401	5.7	6,951	2.7	39,979	15.7	254,828	100.0
60 年度	6,790	3.4	6,232	3.2	3,330	1.7	8,409	4.3	24,761	12.6	197,261	100.0
61 年度	6,422	3.4	7,636	4.1	5,990	3.2	8,952	4.8	29,000	15.5	187,516	100.0
62 年度	13,793	7.3	7,311	3.9	11,758	6.3	4,577	2.4	37,439	19.9	187,886	100.0
63 年度	7,619	3.8	6,406	3.2	7,126	3.6	8,259	4.1	29,410	14.7	199,756	100.0
元 年度	4,736	2.2	9,143	4.3	10,318	4.9	7,966	3.8	32,163	15.3	210,900	100.0
2 年度	8,209	3.4	9,787	4.1	4,522	1.9	6,417	2.7	28,935	12.1	238,480	100.0
3 年度	10,877	4.6	8,756	3.7	2,095	0.9	5,033	2.1	26,761	11.2	238,646	100.0
4 年度	6,534	2.6	8,411	3.3	10,004	3.9	7,551	3.0	32,500	12.7	255,667	100.0
5 年度	7,715	3.0	11,740	4.6	10,930	4.3	7,116	2.8	37,501	14.6	256,444	100.0
6 年度	6,015	2.2	12,773	4.7	10,218	3.7	7,645	2.8	36,660	13.4	273,651	100.0
7 年度	4,835	1.8	9,647	3.6	12,878	4.9	8,854	3.3	36,214	13.6	265,525	100.0
8 年度	4,398	1.7	11,435	4.3	14,448	5.5	8,298	3.1	38,579	14.6	263,792	100.0
9 年度	6,380	2.4	10,242	3.8	15,934	6.0	8,676	3.2	41,232	15.4	267,489	100.0
10 年度	6,131	2.4	5,464	2.1	14,439	5.7	6,976	2.7	33,010	13.0	254,279	100.0
10年1月	306	1.3	463	2.0	1,304	5.6	711	3.1	2,784	12.0	23,149	100.0
2 月	586	2.7	312	1.5	1,369	6.4	666	3.1	2,933	13.7	21,369	100.0
3 月	1,024	4.4	457	2.0	1,638	7.0	712	3.0	3,831	16.4	23,401	100.0
1～3月	1,916	2.8	1,232	1.8	4,311	6.3	2,089	3.1	9,548	14.1	67,919	100.0
4 月	594	2.8	257	1.2	934	4.4	572	2.7	2,357	11.2	20,998	100.0
5 月	777	4.0	335	1.7	1,438	7.4	395	2.0	2,945	15.1	19,518	100.0
6 月	509	2.8	250	1.4	806	4.5	517	2.9	2,082	11.6	17,943	100.0
4～6月	1,880	3.2	842	1.4	3,178	5.4	1,484	2.5	7,384	12.6	58,459	100.0
7 月	457	2.1	343	1.6	865	3.9	676	3.1	2,341	10.7	21,931	100.0
8 月	528	2.4	304	1.4	1,274	5.8	494	2.3	2,600	11.9	21,782	100.0
9 月	361	1.8	466	2.3	982	4.8	633	3.1	2,442	11.9	20,516	100.0
7～9月	1,346	2.1	1,113	1.7	3,121	4.9	1,803	2.8	7,383	11.5	64,229	100.0
10月	327	1.5	370	1.7	1,286	6.0	606	2.8	2,589	12.1	21,334	100.0
11月	578	2.9	286	1.4	1,294	6.4	501	2.5	2,659	13.2	20,204	100.0
12月	538	2.4	921	4.1	1,213	5.3	468	2.1	3,140	13.8	22,684	100.0
10～12月	1,443	2.2	1,577	2.5	3,793	5.9	1,575	2.5	8,388	13.1	64,222	100.0
11年1月	410	1.9	390	1.8	1,203	5.5	588	2.7	2,591	11.8	21,874	100.0
2 月	519	2.5	409	2.0	1,591	7.7	861	4.1	3,380	16.3	20,779	100.0
3 月	533	2.2	1,132	4.6	1,554	6.3	664	2.7	3,883	15.7	24,717	100.0
1～3月	1,462	2.2	1,931	2.9	4,348	6.5	2,113	3.1	9,854	14.6	67,370	100.0

〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 11年3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>

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. 5 月	357	379	(107.4)	0	736	347	(101.8)	16	363	368	731
6 月	368	374	(100.0)	0	742	377	(93.8)	12	389	343	732
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

〔注〕（1）通産省エネルギー生産・需給統計月報 11年6月確報

（2）四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<統計資料>

2. 石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千 t）

項 目 年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト				ブローン アスファ ルト	合 計	ストレート・アスファルト				ブローン アスファ ルト	合 計
	道路用	工業用	燃焼用	計			道路用	工業用	燃焼用	計		
63 年 度	4,307	421	967	5,695	258	5,953	101.3	117.3	97.2	101.6	101.2	101.6
元 年 度	4,360	447	932	5,739	251	5,990	101.2	106.2	96.3	100.8	97.3	100.6
2 年 度	4,416	606	929	5,951	254	6,205	101.3	135.6	99.7	103.7	101.2	103.6
3 年 度	4,317	590	796	5,703	241	5,944	97.8	97.4	85.7	95.8	94.9	95.8
4 年 度	4,559	568	741	5,868	241	6,109	105.6	96.3	93.1	102.9	100.0	102.8
5 年度上期	2,022	265	404	2,691	112	2,803	93.9	104.7	108.6	96.9	97.4	96.9
5 年度下期	2,315	336	456	3,107	126	3,233	96.2	106.7	123.6	100.6	100.0	100.5
5 年 度	4,337	601	860	5,798	238	6,036	95.1	105.8	116.1	98.8	98.8	98.8
6 年度上期	1,939	257	455	2,651	110	2,761	95.9	97.0	112.6	98.5	98.2	98.5
6 年度下期	2,190	249	513	2,952	121	3,073	94.6	74.1	112.5	95.0	96.0	95.1
6 年 度	4,129	506	968	5,603	231	5,834	95.2	84.2	112.6	96.6	97.1	96.7
7 年度上期	1,838	212	468	2,518	102	2,620	94.8	82.5	102.9	95.0	92.7	94.9
7 年度下期	2,173	264	510	2,947	130	3,077	99.2	106.0	99.4	99.8	107.4	100.1
7 年 度	4,011	476	978	5,465	232	5,697	97.1	94.1	101.0	97.5	100.4	97.7
8 年度上期	1,890	231	508	2,629	106	2,735	102.8	109.0	108.5	104.4	105.0	104.4
8 年度下期	2,156	265	540	2,961	121	3,082	99.2	100.4	105.9	100.5	93.1	100.2
8 年 度	4,046	496	1,048	5,590	227	5,817	100.9	104.2	107.2	102.3	97.8	102.1
9 年度上期	1,757	219	511	2,487	99	2,586	93.0	94.8	100.6	94.6	93.4	94.6
10. 1 ～ 3 月	1,058	145	253	1,456	54	1,510	101.3	112.4	88.8	99.9	90.0	99.5
9 年度下期	2,152	275	508	2,935	111	3,046	99.8	103.8	94.1	99.1	91.7	98.8
9 年 度	3,909	494	1,019	5,422	210	5,632	96.6	99.6	97.2	97.0	92.5	96.8
10. 5 月	210	37	86	333	14	347	88.2	462.5	108.9	102.5	87.5	101.8
6 月	244	38	79	361	16	377	87.8	190.0	101.3	93.8	94.1	93.8
4 ～ 6 月	737	120	242	1,099	43	1,142	86.9	285.7	103.9	97.9	89.6	97.5
7 月	277	38	88	403	17	420	89.9	66.7	103.5	89.6	100.0	89.9
8 月	246	42	97	385	14	399	84.8	89.4	97.0	88.1	87.5	88.1
9 月	269	32	102	403	17	420	86.5	43.8	109.7	84.5	94.4	84.8
7 ～ 9 月	792	112	287	1,191	48	1,239	87.1	63.3	103.2	87.3	94.1	87.6
10 年度上月	1,529	232	529	2,290	91	2,381	87.0	105.9	103.5	92.1	91.9	92.1
10 月	319	28	92	439	18	457	87.4	53.8	137.3	90.7	85.7	90.5
11 月	351	41	81	473	19	492	100.9	78.8	96.4	97.7	105.6	98.0
12 月	367	24	91	482	17	499	96.3	92.3	87.5	94.3	94.4	94.3
10 ～ 12 月	1,037	93	264	1,394	54	1,448	94.8	71.5	103.5	94.3	94.7	94.3
11. 1 月	193	35	70	298	17	315	106.0	70.0	81.4	93.7	100.0	94.0
2 月	284	40	61	385	16	401	96.6	76.9	67.8	88.3	88.9	88.3
3 月	557	17	72	646	15	661	95.7	39.5	93.5	92.0	78.9	91.7
1 ～ 3 月	1,034	92	203	1,329	48	1,377	97.7	63.4	80.2	91.3	88.9	91.2
10 年度下期	2,071	185	467	2,723	102	2,825	96.2	67.3	91.9	92.8	91.9	92.7
10 年 度	3,600	417	996	5,013	193	5,206	92.1	84.4	97.7	92.5	91.9	92.4
11. 4 月	276	12	85	373	14	387	97.5	26.7	110.4	92.1	107.7	92.6
5 月	199	19	75	293	14	307	94.8	51.4	87.2	88.0	100.0	88.5
6 月	231	10	71	312	16	328	94.7	26.3	89.9	86.4	100.0	87.0
4 ～ 6 月	706	41	231	978	44	1,022	958	34.2	95.5	89.0	102.3	89.5

〔注〕（1）通産省エネルギー生産・需給統計月報 11年 6 月確報

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

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

（4）四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<統計資料>

3. 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量

(1) ストレート

年月	区分	0～10	10～20	20～40	40～60	60～80	80～100	100～120
9	年度	3,619	0	943	139,856	2,790,953	889,220	62
9	年	3,165	0	931	141,320	2,789,646	890,986	21
	上	1,676	0	308	63,109	1,262,533	403,555	10
	下	1,489	0	623	78,211	1,527,113	487,431	11
10	年度	2,262	0	691	102,226	2,597,297	805,100	11
10	年	2,371	0	681	101,020	2,544,619	835,889	0
	上	1,118	0	325	41,743	1,093,940	327,640	0
	下	1,253	0	356	59,277	1,450,679	508,249	0
	1～3月	592	0	201	30,367	798,013	198,742	11
	4～6月	554	0	62	18,055	538,601	157,088	0
	7	219	0	73	8,383	197,278	61,111	0
	8	222	0	129	6,796	171,326	49,889	0
	9	123	0	61	8,509	186,735	59,552	0
	7～9月	564	0	263	23,688	555,339	170,552	0
	10	153	0	39	10,297	224,895	78,349	0
	11	185	0	52	10,405	239,232	94,287	0
	12	214	0	74	9,414	241,217	106,082	0
	10～12月	552	0	165	30,116	705,344	278,718	0
11年	1月	181	0	36	5,865	135,853	43,252	0
	2	209	0	61	8,687	203,410	63,103	0
	3	311	0	94	14,609	406,072	123,176	0
	1～3月	701	0	191	29,161	745,335	229,531	0
	4	182	0	4	7,397	200,961	56,274	0
	5	152	0	22	6,290	142,435	43,177	0
	6	120	0	0	6,701	159,319	62,195	0
	4～6月	554	0	62	18,055	538,601	157,088	0
	7	190	0	38	8,802	191,299	64,660	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	0	169,218	0	478,192	1,050,577	0	5,522,640
9	年	0	171,896	0	494,950	1,020,044	0	5,512,959
	上	0	71,644	0	219,071	510,627	0	2,532,533
	下	0	100,252	0	275,879	509,417	0	2,980,426
10	年度	0	177,933	0	470,583	1,045,239	0	5,522,640
10	年	0	177,882	0	417,531	994,259	0	5,512,959
	上	0	73,058	0	231,743	528,348	0	2,532,533
	下	0	104,824	0	185,788	465,911	0	2,980,426
	1～3月	0	52,971	0	145,352	253,856	0	1,480,105
	4～6月	0	35,290	0	120,011	241,427	547	1,111,635
	7	0	13,074	0	37,980	88,052	122	406,292
	8	0	10,868	0	42,188	96,632	128	378,178
	9	0	13,826	0	31,564	102,237	164	402,771
	7～9月	0	37,768	0	111,732	286,921	414	1,187,241
	10	0	16,188	0	28,387	91,516	170	449,994
	11	0	18,992	0	41,185	80,897	209	485,444
	12	0	16,724	0	23,916	90,622	186	488,449
	10～12月	0	51,904	0	93,488	263,035	565	1,423,887
11年	1月	0	13,283	0	35,239	69,860	115	303,684
	2	0	16,453	0	39,832	61,181	229	393,165
	3	0	23,184	0	17,229	71,835	627	657,137
	1～3月	0	52,920	0	92,300	202,876	971	1,353,986
	4	0	11,786	0	11,954	84,903	199	373,660
	5	0	10,840	0	18,814	74,587	116	296,433
	6	0	11,432	0	9,777	71,348	108	321,000
	4～6月	0	35,290	0	120,011	241,427	547	1,111,635
	7	0	12,443	0	11,909	87,470	178	376,989

<統計資料>

(2) プローン

(単位：t)

年月	区分	0～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	アスコンサンド	特殊アス	道路舗装用	その他	計
9	年度	3,370	3	60,793	34,208	47	242	104,672	1,454	10,021	0	214,810
9	年	3,139	4	59,304	30,718	37	241	101,590	1,347	12,210	0	208,590
	上	1,571	1	43,813	2,616	21	121	43,944	649	4,457	0	97,193
	下	1,568	3	15,491	28,102	16	120	57,646	698	7,753	0	111,397
10	年度	2,394	38	52,907	30,479	75	291	97,543	1,477	15,628	0	200,832
10	年	2,476	49	51,746	30,549	87	336	93,642	1,700	14,286	0	194,871
	上	1,119	19	38,938	1,766	47	131	43,045	698	6,958	0	92,721
	下	1,357	30	12,808	28,783	40	205	50,597	1,002	7,328	0	102,150
	1～3月	729	1	8,357	12,617	10	60	26,326	318	5,290	0	53,708
	4～6月	543	2	19,383	609	23	40	19,276	383	3,556	0	43,815
	7	194	12	7,033	100	14	30	8,308	138	1,365	0	17,194
	8	164	0	6,090	132	8	20	7,388	98	590	0	14,490
	9	218	5	6,432	925	2	41	8,073	79	1,447	0	17,222
	7～9月	576	17	19,555	1,157	24	91	23,769	315	3,402	0	48,906
	10	167	7	2,569	4,799	2	0	9,096	136	1,404	0	18,180
	11	167	7	1,635	5,596	4	40	9,888	161	1,359	0	18,857
	12	212	4	1,408	5,701	12	60	9,188	164	617	0	17,366
	10～12月	546	18	5,612	16,096	18	100	28,172	461	3,380	0	54,403
11年	1月	255	3	1,234	5,203	1	40	8,685	140	1,089	0	16,650
	2	281	6	1,219	5,034	3	48	7,521	166	1,750	0	16,028
	3	275	3	4,743	2,450	18	17	6,219	235	1,109	0	15,069
	1～3月	811	12	7,196	12,687	22	105	22,425	541	3,948	0	47,747
	4	228	3	6,354	364	30	3	6,213	346	232	28	13,801
	5	168	4	6,726	137	0	20	5,913	255	651	72	13,946
	6	145	3	7,414	140	8	20	6,741	226	782	105	15,584
	4～6月	543	2	19,383	609	23	40	19,276	383	3,556	0	43,815
	7	177	3	6,693	109	20	20	6,941	290	772	39	15,064

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

4. 石油アスファルト品種別荷姿別販売量

(単位：t)

年月	区分	ス ト レ ー ト				プ ロ ー ン			
		バルク	紙 袋	ドラム	計	バルク	紙 袋	ドラム	計
9	年度	5,518,963	906	2,771	5,522,640	136,742	77,329	739	214,810
9	年	5,509,827	885	2,247	5,512,959	132,906	74,935	749	208,590
	上	2,530,377	416	1,740	2,532,533	64,598	31,985	610	97,193
	下	2,979,450	469	507	2,980,426	68,308	42,950	139	111,397
10	年度	5,199,865	873	2,130	5,202,868	130,220	70,398	214	200,832
10	年	5,073,638	861	2,250	5,076,749	128,283	66,422	166	194,871
	上	2,297,461	444	971	2,298,876	62,237	30,408	76	92,721
	下	2,776,177	417	1,279	2,777,873	66,046	36,014	90	102,150
	1～3月	1,479,615	223	267	1,480,105	33,789	19,834	85	53,708
	4～6月	1,110,962	210	463	1,111,635	30,368	13,410	37	43,815
	7	406,105	98	89	406,292	11,220	5,961	13	17,194
	8	377,815	67	296	378,178	9,285	5,190	15	14,490
	9	402,579	69	123	402,771	11,364	5,847	11	17,222
	7～9月	1,186,499	234	508	1,187,241	31,869	16,998	39	48,906
	10	449,592	80	322	449,994	11,631	6,531	18	18,180
	11	485,073	55	316	485,444	11,880	6,959	18	18,857
	12	488,124	71	254	488,449	10,683	6,666	17	17,366
	10～12月	1,422,789	206	892	1,423,887	34,194	20,156	53	54,403
11年	1月	303,610	61	13	303,684	10,660	5,975	15	16,650
	2	393,054	58	53	393,165	10,795	5,222	11	16,028
	3	656,724	92	321	657,137	10,397	4,661	11	15,069
	1～3月	1,353,388	211	387	1,353,986	31,852	15,858	37	47,747
	4	372,897	58	705	373,660	9,032	4,763	6	13,801
	5	296,277	44	112	296,433	9,229	4,796	11	13,946
	6	320,921	57	22	321,000	10,696	4,882	6	15,584
	4～6月	1,029,521	210	463	1,111,635	30,368	13,410	37	43,987
	7	376,848	80	61	376,989	9,698	5,359	7	15,064

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

(単位: t)

県別	年月	9 年	9 年 度		10 年	10 年 度			10年 1～3月	
			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	21,885
青 森	森	113,442	113,905	59,259	54,646	98,043	97,479	45,448	52,031	20,891
	手	33,625	33,047	16,596	16,451	38,250	39,239	14,368	24,871	7,696
	城	201,953	199,153	94,654	104,499	164,899	168,816	69,427	99,389	47,331
	秋	80,434	79,126	42,687	36,439	63,859	64,511	29,843	34,668	11,755
	山	29,121	26,864	14,072	12,792	26,750	27,726	13,113	14,613	5,127
福 島	島	78,470	85,277	35,684	49,593	81,725	80,270	31,420	48,850	25,948
東 北 計		537,045	537,372	262,952	274,420	473,526	478,041	203,619	274,422	118,748
茨 城	城	173,409	153,855	68,921	84,934	176,705	209,062	79,400	129,662	38,385
	栃	32,679	32,910	12,873	20,037	32,069	31,926	12,577	19,349	11,043
	群	33,072	33,722	15,206	18,516	29,703	27,107	13,686	13,421	9,293
	埼	113,115	109,426	47,549	61,877	116,492	120,015	51,686	68,329	31,575
	千	120,429	129,261	49,485	79,776	134,802	133,392	52,945	80,447	45,142
	葉	727,205	682,873	320,096	362,777	627,591	629,797	272,831	356,966	184,133
	神	116,811	124,200	46,893	77,307	121,275	114,700	49,112	65,588	41,053
	奈	13,582	11,664	6,111	5,553	10,093	11,137	4,699	6,438	2,617
	山	45,378	42,497	22,676	19,821	36,594	37,113	17,664	19,449	6,673
	長	125,556	122,464	66,029	56,435	101,406	100,480	44,445	56,035	20,632
新 静 岡	野	163,028	160,505	73,627	86,878	162,856	139,415	72,919	66,496	47,326
	岡									
	東 計	1,664,264	1,603,377	729,466	873,911	1,549,326	1,553,884	671,704	882,180	437,872
愛 知	知	327,069	343,359	139,021	204,338	347,202	339,624	134,150	205,474	114,381
	重	46,378	49,320	20,018	29,302	52,119	50,909	22,170	28,739	15,827
	阜	29,162	28,870	12,211	16,659	29,300	30,201	11,895	18,306	7,628
	山	37,449	39,838	19,674	20,164	37,511	34,914	17,435	17,479	9,636
	川	21,001	19,928	9,439	10,489	18,718	18,493	8,433	10,060	4,478
中 部 計		461,059	481,315	200,363	280,952	484,850	474,141	194,083	280,058	151,950
福 滋 京 大 兵 奈 和 近	井	14,959	14,817	7,525	7,292	14,604	14,315	7,075	7,240	3,156
	賀	39,175	37,952	17,596	20,356	31,859	28,855	12,829	16,026	10,896
	都	12,486	12,415	5,306	7,109	8,838	7,329	3,082	4,247	3,456
	阪	390,727	383,758	170,896	212,862	359,565	352,854	155,630	197,224	109,925
	庫	280,119	271,380	130,578	140,802	221,227	205,741	93,979	111,762	73,053
	良	2,083	1,533	1,312	221	1,079	1,276	787	489	143
	歌	49,351	49,361	21,180	28,181	46,856	44,755	19,228	25,527	15,709
	畿									
	計	788,900	771,216	354,393	416,823	684,028	655,125	292,610	362,515	216,338
	岡 広 山 鳥 島 中 国 計	山	573,060	601,423	267,541	333,882	592,897	534,780	297,673	237,107
島		144,851	149,477	67,203	82,274	153,250	153,474	68,530	84,944	45,763
口		527,692	519,662	267,071	252,591	500,184	451,479	259,241	192,238	124,962
取		33,809	34,535	14,608	19,927	30,044	27,975	12,931	15,044	9,579
根		27,708	28,387	12,039	16,348	25,784	23,993	9,859	14,134	8,870
中 国 計		1,307,120	1,333,484	628,462	705,022	1,302,159	1,191,701	648,234	543,467	364,158
徳 香 愛 高 四 国 計	島	48,334	51,842	23,570	28,272	38,715	36,673	14,255	22,418	13,615
	川	67,432	66,638	31,731	34,907	59,824	60,525	26,265	34,260	17,382
	媛	56,267	56,481	24,529	31,952	56,528	58,023	23,569	34,454	18,034
	知	21,981	24,147	8,815	15,332	23,333	22,007	8,982	13,025	8,650
四 国 計		194,014	199,108	88,645	110,463	178,400	177,228	73,071	104,157	57,681
福 佐 長 熊 大 宮 鹿 九 州 計	岡	200,440	209,646	89,378	120,268	201,971	198,159	79,289	118,870	73,849
	賀	11,513	11,115	4,981	6,134	12,008	12,016	5,796	6,220	3,469
	崎	23,882	21,306	8,041	13,265	22,992	22,221	6,494	15,727	8,357
	本	41,725	42,314	17,347	24,967	40,152	39,604	14,259	25,345	15,427
	分	32,886	34,162	14,485	19,677	33,275	32,068	12,927	19,141	12,212
	崎	36,871	34,637	13,444	21,193	32,467	33,183	12,971	20,212	11,341
	島	65,996	69,494	22,897	46,597	72,751	73,888	23,753	50,135	30,928
	州 計	413,313	422,674	170,573	252,101	415,616	411,139	155,489	255,650	155,583
沖 縄										
沖 縄		19,422	22,836	6,671	16,165	19,346	16,826	6,638	10,188	9,598
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	1,533,813

(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 4～6月	10年 7～9月	10年 10～12月	3	11年 1～3月	4	5	6	11年 4～6	7
58,591	87,558	128,415	21,653	38,971	9,589	16,820	31,254	48,074	30,996
20,230	25,218	31,704	16,598	20,327	5,986	5,357	8,475	19,818	9,708
6,478	7,890	16,186	5,862	8,685	2,689	2,008	3,431	8,128	4,127
32,840	36,587	48,141	31,683	51,248	10,282	5,827	9,062	25,171	12,194
14,134	15,709	22,261	11,022	12,407	3,991	2,865	4,741	11,597	5,442
6,241	6,872	8,510	4,424	6,103	1,476	1,959	3,301	6,736	3,360
15,578	15,842	24,357	14,833	24,493	5,035	2,835	5,272	13,142	4,056
95,501	108,118	151,159	84,422	123,263	29,459	20,851	34,282	84,592	38,257
19,611	59,789	58,920	25,403	70,742	14,370	8,692	5,421	28,483	15,072
6,466	6,111	8,449	5,498	10,900	3,641	2,607	2,913	9,161	2,550
7,480	6,206	6,724	3,325	6,697	1,872	1,737	1,798	5,407	2,319
24,536	27,150	33,231	15,695	35,098	9,114	7,242	8,767	25,123	9,513
24,381	28,564	36,715	20,149	43,732	8,313	7,983	7,920	24,216	9,519
133,761	139,070	170,627	88,579	186,339	47,796	37,002	41,522	126,320	44,450
24,716	24,396	31,110	16,413	34,478	8,387	7,086	8,686	24,159	10,160
2,331	2,368	2,777	2,100	3,661	980	618	592	2,190	609
9,276	8,388	12,257	4,815	7,192	4,639	2,691	2,828	10,158	3,312
20,632	23,813	36,329	13,991	19,706	8,473	6,878	9,848	25,199	10,236
34,088	38,831	42,611	13,298	23,885	9,167	12,549	11,962	33,678	12,717
307,018	364,686	439,750	209,266	442,430	116,752	95,085	102,257	314,094	120,457
64,395	69,755	98,671	55,708	106,803	25,209	17,978	18,466	61,653	24,175
11,159	11,011	14,122	7,142	14,617	4,794	3,865	3,502	12,161	4,902
5,417	6,478	9,777	5,280	8,529	3,035	2,040	2,613	7,688	3,478
8,307	9,128	10,440	3,610	7,039	3,128	3,566	2,221	8,915	3,190
4,280	4,153	5,807	3,057	4,253	1,773	1,005	1,194	3,972	1,651
93,558	100,525	138,817	74,797	141,241	37,939	28,454	27,996	94,389	37,396
3,919	3,156	4,373	1,827	2,867	1,776	1,153	1,124	4,053	1,228
7,097	5,732	8,134	4,792	7,892	2,835	1,639	1,827	6,301	2,161
1,762	1,320	2,300	921	1,947	1,058	616	817	2,491	862
82,443	73,187	94,010	49,519	103,214	31,157	19,824	19,504	70,485	19,015
44,008	49,971	54,195	25,443	57,567	18,497	12,606	12,958	44,061	16,655
159	628	149	181	340	24	77	111	212	86
9,902	9,326	11,919	5,901	13,608	4,801	3,200	2,185	10,186	3,162
149,290	143,320	175,080	88,584	187,435	60,148	39,115	38,526	137,789	43,169
155,691	141,982	120,240	26,296	116,867	20,681	29,339	17,297	67,317	10,452
32,582	35,948	38,957	21,891	45,987	13,414	9,235	8,536	31,185	10,468
130,115	129,126	115,981	30,776	76,257	44,755	39,052	40,328	124,135	55,321
6,727	6,204	7,534	4,628	7,510	2,313	1,481	1,314	5,108	1,826
5,683	4,176	7,055	3,623	7,079	2,100	1,319	1,448	4,867	1,938
330,798	317,436	289,767	87,214	253,700	83,263	80,426	68,923	232,612	80,005
7,029	7,226	10,845	5,651	11,573	2,620	1,767	1,940	6,327	2,677
113,654	12,611	16,177	7,999	18,083	4,792	4,554	4,612	13,958	4,391
11,219	12,350	14,925	8,925	19,529	5,601	3,181	3,880	12,662	4,002
4,433	4,549	5,701	3,664	7,324	2,043	1,189	1,134	4,366	1,264
36,335	36,736	47,648	26,239	56,509	15,056	10,691	11,566	37,313	12,334
43,144	36,145	48,833	34,176	70,037	19,337	10,495	10,733	40,565	13,628
2,420	3,376	2,743	1,751	3,477	1,015	679	605	2,299	550
2,801	3,693	8,141	3,170	7,586	1,251	679	1,673	3,603	994
6,925	7,334	10,466	8,486	14,879	2,583	1,793	1,869	6,245	2,745
6,233	6,694	8,136	6,202	11,005	2,777	1,800	2,190	13,012	3,991
6,411	6,560	8,155	6,082	12,057	2,530	1,521	1,415	5,466	2,278
11,770	11,983	18,070	16,708	32,065	3,830	1,463	2,493	7,786	4,598
79,704	75,785	104,544	76,575	151,106	33,323	13,430	20,978	67,731	28,784
4,655	1,983	3,110	3,456	7,078	1,932	507	802	3,241	655
1,155,450	1,236,147	1,478,290	672,206	1,401,733	387,461	310,379	336,584	1,034,424	392,053

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	(108-8514) 港区芝浦3-4-1	03 (5441) 2516
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) 9187
日 石 三 菱 精 製 株 式 会 社	(105-8412) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
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 J O M O

カ メ イ 株 式 会 社 (980-0803) 仙台市青葉区国分町3-1-18 022 (264) 6111 日 石 三 菱

正興産業株式会社仙台営業所 (982-0032) 仙台市太白区富沢1-3-31-502 022 (244) 9586 日 石 三 菱

竹中産業株式会社新潟営業所 (950-0087) 新潟市東大通1-4-2 025 (246) 2770 昭和シェル

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 J O M O

梅 本 石 油 株 式 会 社 (102-0073) 千代田区九段北3-2-1 03 (5215) 2286 コ ス モ

エムシー・エネルギー株式会社 (100-0011) 千代田区内幸町1-3-3 03 (5251) 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

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
株式会社JOMOサンエナジー	(105-0003) 港区西新橋3-2-1	03 (5400) 5855 J O M O
コスモアスファルト株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011 コ ス モ
国光商事株式会社	(164-0003) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231 出 光
澤田商行株式会社営業本部	(104-0032) 中央区八丁堀2-21-2	03 (3551) 7131 コ ス モ
昭石商事株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-1-8	03 (5474) 8511 昭和シェル
新日本商事株式会社	(170-0005) 豊島区南大塚3-32-10	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
中西瀝青株式会社	(103-0028) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471 日石三菱
株式会社南部商会	(108-0073) 港区三田3-13-16	03 (5419) 9861 日石三菱
日石丸紅株式会社	(105-0003) 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
パンフィック石油商事株式会社	(103-0014) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4951 モービル
富士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
瀝青販売株式会社	(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
竹中産業株式会社福井営業所	(918-8015) 福井市花堂南1-11-29	0766 (33) 0001 昭和シェル
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1-11-11	06 (6372) 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
共和産業株式会社	(700-0816) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500 J O M O

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
三 徳 商 事 株 式 会 社	(532-0033) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (6394) 1551 昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670-0935) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611 J O M O
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
正 興 産 業 株 式 会 社	(650-0024) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3301 日 石 三 菱
千代田瀝青株式会社	(530-0044) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (6358) 5531 日 石 三 菱
富士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 興 産
富 士 商 株 式 会 社	(756-8501) 小野田市稲荷町10-23	0836 (81) 1111 昭和シェル
株 式 会 社 松 宮 物 産	(522-0021) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608 昭和シェル
横田瀝青興業株式会社	(672-8064) 姫路市飾磨区細江995	0792 (33) 0555 J O M O
株 式 会 社 菱 芳 磁 産	(671-1103) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 J O M O

● 四国・九州

伊藤忠燃料株式会社九州支社	(812-8528) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851 J O M O
今 別 府 産 業 株 式 会 社	(890-0072) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 J O M O
株 式 会 社 カ ン ダ	(892-0823) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 昭和シェル
三 協 商 事 株 式 会 社	(770-0941) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 富 士 興 産
サ ン ヨ ウ 株 式 会 社	(815-0037) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 富 士 興 産
株式会社ネクステージ九州	(812-0013) 福岡市博多区博多駅前1-1-33	092 (431) 7881 日 石 三 菱
西 岡 商 事 株 式 会 社	(764-0002) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001 日 石 三 菱
平和石油株式会社高松支店	(760-0017) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 昭和シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812-0011) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 昭和シェル

訂 正

アスファルト誌200号のP69に下記の通り誤りがありましたので訂正いたします。

関係者各位には大変ご迷惑をおかけし、深くお詫び申し上げます。

正 株式会社JOMOサンエナジー

誤 株式会社JOMサンエナジー

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3版 B5版・64ページ・実費頒価 500 円（送料実費）

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

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	菅 野 善 朗	鈴 木 明 憲	姫 野 賢 治
荒 井 孝 雄	栗 谷 川 裕 造	田 井 文 夫	吉 兼 秀 典
安 崎 裕	小 島 逸 平	野 村 健 一 郎	若 林 登
太 田 亨	七 五 三 野 茂	野 村 敏 明	

アスファルト 第201号

平成11年10月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒100-0014 東京都千代田区永田町2-10-2

秀和永田町TBRビル514号室 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

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

印刷所 キュービシステム株式会社

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

Vol.42 No.201 OCTOBER 1999

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**