

アスファルト

第16巻 第92・93合併号 昭和48年10月発行

特集・フルデプスアスファルト舗装

2つのテーマ	多田宏行	1
フルデプス分科の会の活動	藤井治芳	2
フルデプス舗装について	阿部頼政	5

日本のフルデプス舗装の実態	桃井 徹	13
海外のフルデプス舗装の状況	増永 緑	19

☆海外文献の抄訳・紹介☆

フルデプス舗装の施工	27
ドイツのフルデプス舗装の発展	31
ドイツの試験舗装	33
一層仕上げの理論的利点	35
空港舗装の設計	38

☆フルデプス舗装の内外文献一覧☆	42
------------------	----

〈道路技術者のアスファルト講座・その2〉

アスファルトの製法と組成	阿部頼政	46
--------------	------	----

◎ 懸賞論文の募集 ◎	41
-------------	----



2つのテーマ

多田宏行

わが国の道路の舗装整備の状況を、手許に統計資料がある限り遡ってみると、昭和11年に道路総延長およそ90万kmに対し舗装率は僅かに0.9%であった。

それから20年を経た昭和31年には、道路総延長約94万kmに対して舗装率2.1%となり、さらに17年後の今年度末には舗装率は大幅に向上して道路総延長103万kmに対して27.4%に達する見込みである。

かくして舗装の総延長も約28万kmに及ぶことになるが、このように舗装の整備水準が向上すればする程、未整備の砂利道に対する早期舗装化の要請は強まる一方で、わけても国道を中心とする幹線道路の舗装整備の著しい進展と合せて、地域社会の生活道路としての市町村道等の舗装の促進が急務と考えられるに至ったが、その需要の量はまことに龐大なものがある。

そこで、このような舗装の需要に効果的に対応するために、当協会のアスファルト舗装技術委員会が分科会活動として研究を進めている二つのテーマについて、簡単にふれてみよう。

すなわち、その一つは自動車交通量に相応した適切な舗装構造の選定の問題である。前述のように、いわゆる生活道路の舗装整備にあたっては、自動車交通量が極めて僅かな区間では、その構造を通常のアスファルト舗装（狭義の）はもとより簡易舗装によるまでもない場合が少なくない。

このため、われわれは在来砂利層を積極的に利用した砂利道の路面処理に関する研究を前年度より開始し、その成果の一部はアスファルト91号に掲載し、諸兄のご批判を求めているところである。

幸い本年度は、既報のように建設省の研究補助金も受けられたので、関係各方面の協力を得て、試験施工を含む広範な調査研究に基づいて、砂利道の路面処理の技術基準を作成すべく作業中である。

つぎに、他の一つの問題は舗装用材料の主体をなす骨材の有効利用である。舗装需要の急速な増大は必然的に骨材資源の不足の傾向を招いている。その結果、従来は対象とされなかった骨材の活用をも含めて、各種バインダーを用いた安定処理工法の開発が一段と望まれるが、その発展としてのディープストレングス舗装、あるいはフルデプス舗装が、やがて今後のアスファルト舗装の重要な位置を占める可能性が大きいと予測される。

しかし乍ら、わが国における実績は未だ乏しく、フルデプス舗装の特性あるいはその採用の前提となる基本的条件すら、必ずしも明確でないのが実状である。

そこで、これらの問題点を整理し、究極的にはわが国におけるフルデプス舗装の技術的基準を作成することを目標に、本年度より分科会を設けて作業に着手した。この特集号は、年度当初より今日に至る間の調査研究の成果を、中間報告としてとりまとめたものである。われわれは、およそ3ヵ年をもって所期の目標を達成すべく、諸般の調査研究を進めているが、願わくば諸兄のご指導を折にふれて賜われれば幸いである。

フルデプス分科会の活動について

藤井治芳

1. 分科会の発足

わが国の舗装整備は急速の進展をみせ、毎年、約4万kmの舗装延長の伸びを示しているが、昭和48年度末での実延長は28万kmにすぎない。ここでわが国の年間骨材需要量が約7億トンであるのに対し、さらに舗装を早急に必要とする道路延長が40万kmにも及ぶ現況を認識するとき、骨材資源の不足に対応して、その有効利用の必要が特に重要なものと考えられている。

したがってアスファルト舗装体系のなかに、いわゆる舗装総厚を縮少し、アスファルト混合物の力学特性をフルに生かすことの可能なディープストレングス舗装やフルデプス舗装を導入することの有用性が認識され、その技術的な問題点の解明が緊急の問題として叫ばれるに至っている。

日本アスファルト協会はアスファルト舗装の技術の発展と一般への啓蒙活動に従来から尽力してきており現在では協会内にアスファルト舗装技術委員会を設置し、技術的諸問題の研究に積極的に取り組む姿勢を示している。

今回、わが国ではその施工経験が殆んど皆無といっているフルデプス舗装について、その技術的検討の必要性和緊急性を上記技術委員会が認識し、その技術的検討のための組織として、行政官庁、材料業界、施工業界を一体とするフルデプス分科会を設置した。

この分科会の活動目標としては

- ① フルデプス舗装の定義の確立
- ② フルデプス舗装に関する世界各国の実績の調査
- ③ フルデプス舗装の問題点の把握
- ④ フルデプス舗装の設計法の確立
- ⑤ フルデプス舗装の施工法の確立
- ⑥ ①～⑤をもととしてフルデプス舗装に関する技術基準(案)の作成

が考えられている。

ところで、わが国における舗装に関する技術基準等は建設省道路局の指導のもとに、日本道路協会が刊行する

要綱等により示されるのが通常であり、現在のところでは

- (1) アスファルト舗装要綱
- (2) セメント・コンクリート舗装要綱
- (3) 簡易舗装要綱
- (4) 住宅団地内舗装要綱
- (5) アスファルト舗装共通仕様書Ⅰ、Ⅱ

ができています。

現行のアスファルト舗装要綱は、昭和42年に制定されたものであるが、その後の諸情勢の変化に伴って内容的にすでに多くの問題点を生じてきており、これらを早急に解決して新しい要綱を作成すべく、努力が開始されている。

フルデプス分科会で作成しようとしている「フルデプス舗装の技術基準(案)」も、将来このアスファルト舗装要綱の一部を構成するのに役立つものと考えられる。

なお、各道路種別毎に使用されているアスファルト系舗装の技術基準は次の通りである。

高速国道：アスファルト舗装要綱をもとに部分的に修正して使用

一般国道：アスファルト舗装要綱を使用

主要地方道：

都道府県道

- ① 大型車交通量が比較的多いもの

：アスファルト舗装要綱

- ② 大型車交通量が比較的小さいもの

：簡易舗装要綱

市町村道

- ① 大型車交通量が一般国道、都道府県道と同様に多い場合：アスファルト舗装要綱

- ② 大型車交通量が比較的小さいもの：簡易舗装要綱

- ③ 大型車交通量が特に少ないもの：特になし

フルデプス分科会 (50音順)

委員長	多田 宏行	建設省道路局
副委員長	田中 淳七郎 南 雲 貞夫	建設省道路局国道一課 建設省土木研究所舗装研究室
委員	阿部 頼政 池田 克己 茨木 龍雄 牛尾 俊介 川野 敏行 北村 幸治 小池 尉夫 小島 逸平 小辻 章夫 近藤 紀 杉田 美昭 関 勇三郎 瀬戸 薫 高見 博 堤 健司 永康 進 成田 保三 林 誠作 藤井 治芳 藤城 泰行 古田 毅 堀尾 哲一郎 増永 緑 桃井 徹	日本大学理工学部 富士興産アスファルト(株)技術部 中央大学理工学部 シエル石油(株)土木建設部 東亜道路工業(株)技術研究所 世紀建設(株)技術部 東京都土木技術研究所舗装研究室 建設省土木研究所舗装研究室 日本道路(株)東京支店技術課 大成道路(株)技術部 日本道路公団東京支社技術一課 前田道路(株)技術研究所 日本道路公団試験所舗装試験室 日本舗道(株)技術部 エッソスタンダード石油アスファルト課 建設省土木研究所舗装研究室 建設省道路局地方道課 (株)渡辺組技術部 建設省道路局有料道路課 建設省道路局国道二課 三菱石油(株)研究所 丸善石油(株)商品研究所 日本石油(株)技術研究所 日本舗道(株)技術研究所

2. 分科会の組織

フルデプス分科会は、前にも述べたように、日本アスファルト協会内におかれた「アスファルト舗装技術委員会」の下に分科会として存在するもので、その構成は、建設省・都道府県・道路公団・大学、道路施工業者・石油会社のそれぞれの学識経験者が一体となって協力しているもので、委員長は多田宏行氏(建設省道路局)である。

その構成メンバーは上記の通りである。

3. これまでの経過と今後の計画

(1) フルデプス分科会の経過

フルデプス分科会の発足にあたっては、47年末に舗装技術委員会と協会長、理事とが協議を行ない、昭和48年

度より正式に発足することとした。

その結果、第1回分科会は5月11日に開催され、現在までに8回の分科会、10回の分科会幹事会が開かれている。

その活動内容としては、今までに

1. フルデプス舗装とは何か、その定義
2. フルデプス舗装の基本的条件の整理
3. フルデプス舗装のもつ問題点の提起
4. フルデプス舗装に関する世界各国の文献の整理とその検討
5. フルデプス舗装のわが国における実施例の整理とその検討

が行なわれた。

その結果、これらの検討成果をもとに、フルデプス舗

装に関する技術基準の素案を作成するため、分科会の中に材料に関するものと、施工に関する2つのワーキンググループを設けて、それぞれ基本的な検討を実施している。

(2) 今後の計画

フルデプス分科会の今後の計画の柱としては、現在作成作業中である、フルデプス舗装に関する技術基準の素案の作成をもとに

- ① フルデプス舗装の技術基準（素案）の作成検討
- ② 上記技術基準（案）にもとづく試験工事の実施と観測

- ③ 世界各国のフルデプス舗装の実情調査

- ④ ②、③にもとづく技術基準（案）の作成

が考えられている。

日程としては、おおむね3カ年計画として考えられ、そのうちわけは、

昭和48年度 技術基準（素案）の作成、検討

昭和49年度 世界各国の実情調査

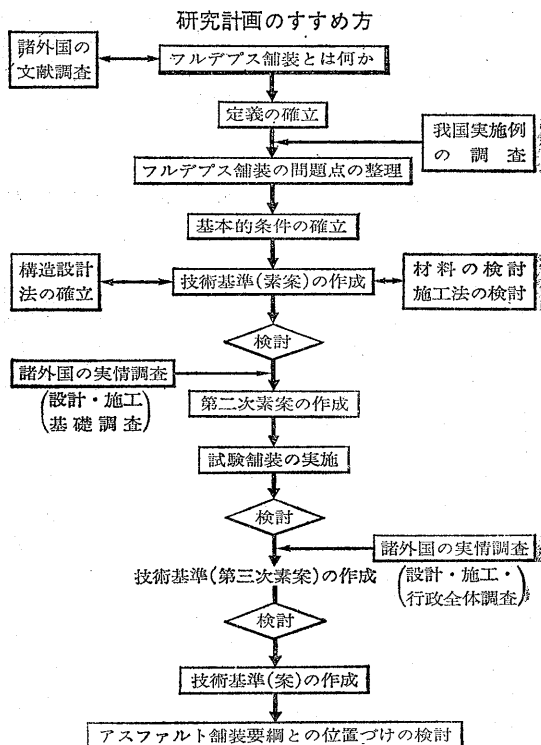
試験舗装の実施

技術基準（三次素案）の作成、検討

昭和50年度 技術基準（案）の作成

を考えている。

〔筆者：建設省道路局有料道路課長補佐〕



略語の使用

A. I.THE ASPHALT INSTITUTE

フルデプス.....Full-Depth Asphalt Pavement

フルデプスアスファルト舗装

ディープストレングス.....Deep Strength Asphalt Pavement

ディープストレングスアスファルト舗装

本号においては、上記のと通りの略語を使用しております
のでご了承下さい。

フルデプス-アスファルト舗装について

阿部頼政

1. はじめに

わが国のアスファルト舗装は一般に粒状材料よりなる路盤と、アスファルト混合物による表層・基層で構成されている。長い間このような構造に慣れてきたため、いつのまにか粒状材料をぬきにしてはアスファルト舗装は考えられないような習慣が身についてしまっている傾向がある。すなわち、舗装の表面や路床からの水を流すため、また路床の変形を吸収するクッションとなるために粒状材料はどうしてもなくてはならないと信じられてきたからである。しかし、路床から上をすべてアスファルト混合物で舗装するフルデプスの出現とアメリカ・ドイツ等における数々の成功例は、粒状材料に対するこれらの習慣的な考え方が全くおかしいことを実証した。本稿は、このフルデプスの概要を考察するとともに、A I の設計法¹⁾（日本語訳：日本アスファルト協会²⁾）を紹介しようとするものである。

2. フルデプスとは何か

アスファルト舗装の構造は、一般に表層、基層と一層以上の路盤からできており、路盤は路床に支えられている。図-1(a)に示されるように、輪荷重 W はタイヤを通じて舗装面へ伝達され、ほぼ等分布円荷重 P_0 として路

面に働らく、そして舗装体は荷重応力を下方に伝達すると同時に、路床土の表面で最小荷重強度 P_1 になるまで荷重強度を減少させる。図-1(b)は P_0 が深さとともに P_1 になる様子を示したものであり、舗装材料の選択・適切な厚さの配分を正しく行ない構造物に十分な強度を持たせることにより、 P_1 を路床土が容易に支持できる程度に小さくする。

以上がアスファルト舗装の基本原理である。フルデプスやディープストレングスにしてもこの基本的な考え方からはみでるものではない。上述の舗装材料の選択・適切な厚さの配分において従来のものと異なっているだけなのである。ただ、フルデプスに類した種々の言葉がいまに使われており、多少の混乱を招いている傾向があるので、まずA. I. の文献をもとにここで用語の定義を確認しておくことにする。

① 一般のアスファルト舗装

(Conventional Asphalt Pavement)

「粒状材料よりなる下層路盤と上層路盤を持ち、その上に比較的うすいアスファルト混合物層をもった舗装」³⁾。これはわが国のアスファルト舗装要綱における定義⁴⁾。

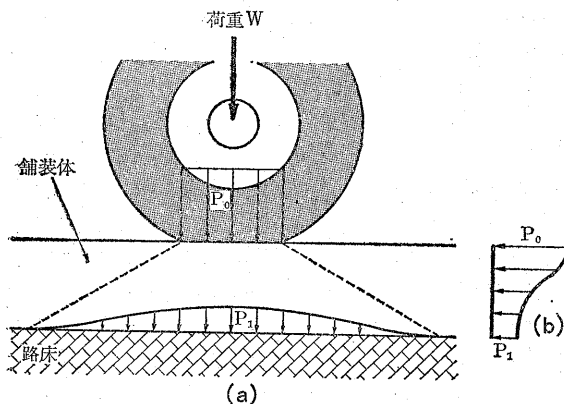
（骨材を歴青材料で結合してつくった表層をもつ舗装をいい、一般に表層・基層および路盤からなる）と本質的に変わったところはない。A. I. の「粒状材料よりなる」という言葉の中には安定処理層等も含まれていると考えられる。

② ディープストレングス・アスファルト舗装

(Deep-Strength Asphalt Pavement)

「舗装上部に厚さ6インチ（約15cm）以上よく締め固められた、良質の密粒度加熱アスファルト混合物層を持つ舗装」。これは、通常のアスファルト舗装とフルデプスのいわば中間にあたる舗装である。この定義では、良質の密粒度アスコンに限定しているが、実際にはこれにとらわれず、アスファルト混合物層の厚さが6インチ以上あればディープストレングスと称しているようであ

図-1 舗装に関する輪荷重の分布



る⁹⁾。したがって、これはアスファルト混合物層の厚さのみに意味があると解釈してよからう。わが国のD交通に対する舗装はそのほとんどがこれに相当する。

③ フルデプス・アスファルト舗装

(Full-Depth Asphalt Pavement)

「路床あるいは改良路床の上のすべての層にアスファルト混合物を用いた舗装」。これが本稿の目的とするフルデプスの定義である。わが国では現在舗装厚の設計を合計厚HとT_Aで行なっているが、このT_Aは、舗装をすべて加熱アスファルト混合物で行なう場合に必要の厚さの意味であるから、根本には、フルデプスの考え方が入っているわけである。

①②③の舗装構造の例を図-2に示した。当然のことながら、舗装の合計厚は、一般の舗装>ディープストレングス>フルデプスの順に薄くなる。

④ ディープリフト舗装技術

(Deep-Lift Paving Technique)

「アスファルトベースの施工時に、1回のしきならし転圧厚さを通常の場合より厚く、仕上り厚で、4インチ(約10cm)以上で行なう舗装技術」⁹⁾。これは①②③と異なり、施工法のことである。ベースの施工時とことわってあるが、これは表層まで含めると仕上った路面の平坦性に問題がでてくることもあるためと思われる。

⑤ シックリフト舗装技術

(Thick-Lift Paving Technique)

これはわが国では「シックリフト工法」としてなじみの深い言葉であるが、定義はディープリフトと同じである⁷⁾。

以上、フルデプスに関連して混同しやすい言葉の定義を述べたが、要約すると、ディープストレングス、フルデプスは舗装構造の種類を示したものであり、ディープリフトおよびシックリフトは、一層あたりの厚さを厚くして施工する工法を意味するということになる。したがって、一般にはフルデプスの施工はシックリフトで行なわれるケースが多いが、通常のアスファルト舗装のように10cm以下の層を何層かに分けて施工する場合でも、路床より上がすべてアスファルト混合物であれば、フルデプスになるわけである。

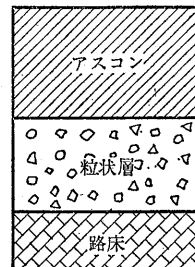
なお、“Deep-Strength”、“Full-Depth”、“Deep-

図-2 舗装断面の比較

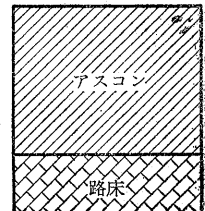
(a) 通常のアスファルト舗装



(b) ディープストレングス



(c) フルデプス



Lift”の語はA. I. によって米国特許庁に登録されている。^{9) 5)}

3. フルデプスの背景と歴史

路床より上をすべてアスファルト混合物で舗装するというフルデプスの考え方はきわめて素朴な発想である。したがって今日のように脚光を浴びる前から施工の例はかなりあった⁹⁾。アメリカにおいては¹⁰⁾、1930年代の半ばまで、シックリフト工法によるフルデプスがさかんに施工され、その供用性は非常に良好であった。しかし、施工機械や技術の発達と共に、未処理の粒状材等を利用する舗装がさかんになり、1940年代から1950年代にかけてアスファルト混合物層の厚さは次第に薄くなっていった。そして、ついにはアスファルト混合物は表層に使用されるだけになってしまった(現在のわが国の舗装要綱もかなりこの色彩が強い)。その後、交通量の増大、良質の粒状材料の不足等から、舗装構造をもう一度考えなおす必要にせまられ、フルデプスが新たにとりあげられるようになったわけである、この最初のきっかけは、フルデプスの生みの親とも言われている Charles Beagle の施工例^{11) 12)}であった。彼は当時(1962年)アメリカのウッドブリッジ市公共事務所長であったが、多額の予算(100万ドル/年)を割り当てられ、工事をスピードアップする必要にせまられていた。また、この市の周辺の路床土は主に粘土で160年以上も商業用粘土の産地であったというから、路床条件は非常に悪かったと言えよう。彼はここで、シックリフト工法によるフルデプスを採用したのである。その結果は非常に良好であった。すなわち、アスファルト路盤は、湿った下層の粘土を押さえ込み、工事が非常にスピードアップできた上に、労力や費用の面でも経済的であり、供用性もよかったからである。さらにシックリフト工法の利点として、路床土を乱

さずに施工できること、および締め固め度が非常に良い(99%)ことを実証した。そしてこれまで、アスファルト混合物の一層敷きならし厚は10cmが限度で、それ以上の厚さになると締め固めがよくできないという漠然とした常識(?)を打破し、一層18インチ(約45cm)でも施工可能なことを示した。このように厚くとも締め固め度が得られる理由は、厚ければ厚いほど温度が保持されやすく、転圧中の温度降下が小さいためである。この Beagle の報告をもとに各地でフルデプスの試験舗装が行なわれるようになった。まずワシントン州道路局では、厚さ・しきならし方法・締め固め機械と方法をいろいろに組合せて実験し、シクリフト工法については、平坦性をそこなうことなく締め固め度をあげられることを確認した。また、カリフォルニアやその他の州では、市街地道路の改築や拡幅にフルデプスを適用して、工期の短縮・掘削深さの低減・利用者へのサービス等を考えれば、都市内ではフルデプスが理想的であることを示した。その他、各地で試験施工が行なわれたが、その結果はいずれも、従来の舗装にくらべてフルデプスが有利であることを実証している。A. I. では、これらの試験舗装の実績、各研究機関における室内試験、さらにAASHOやWASHOの道路試験結果をもとに、フルデプスの設計法をまとめあげた。これが最初に述べた“Thickness Design”¹⁾である。

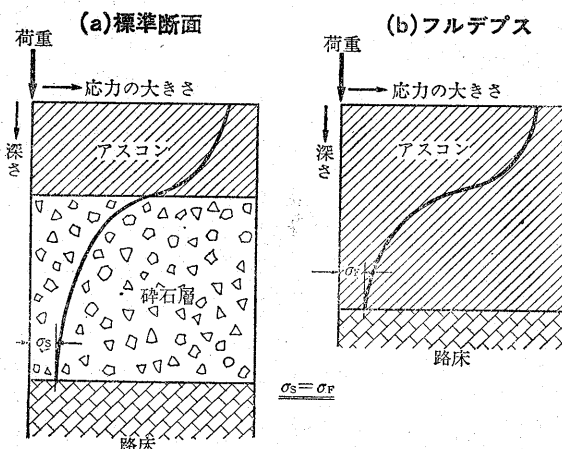
これよりさき、ドイツでは^{13) 14)}、Beagleの成功に注目して、これを参考にしながら独自にフルデプスの研究を進めていた。ドイツの標準設計では凍上防止のため、

かなりの量にのぼる砕石が必要になるが、コストや輸送距離の問題から、砕石の入手がますますむずかしくなったため、それをあまり必要としないフルデプスに着目したわけである。1970年 Beagle が訪独し、また同年秋にドイツ側がウッドブリッジの現場を見学したりして、フルデプスに対する関心は高まっていった。しかし、ドイツの標準設計による厚さと等価なフルデプスの厚さが不明のため、政府や一般の技術者はフルデプスの有利さにあまり関心を示さなかった。そこでミュンヘン工科大学とモービルオイルが共同研究を始め、ドイツの交通・気象・土質等を考慮しながら舗装厚、寿命等の検討をした。その成果は第3回アスファルト舗装構造設計会議に提出された¹⁴⁾わけであるが、その後も、種々の機関で研究は続けられ、現在30カ所以上の試験舗装区間があるという。

A. I. の設計法では、舗装厚の設計に使用する図表の根拠が不明(現在A Iに照会中)であるが、ドイツではその考え方がはっきりしている。すなわち図-3において路床面での垂直応力が標準設計の場合と等しくなるようにフルデプスの舗装厚を決定するのである。この場合応力計算には弾性理論を適用している。この他にも弾性理論を利用して舗装厚を決定しようとする試みは、いろいろあり^{15) 16)}、ポアソン比やヤング率のとり方等に関係は多いが、今後の研究方向の一つであろう。

ドイツの他にも、フルデプスはカナダ・オーストラリア・フランスその他各国で試験的に始められており、まだ確立されたものではないが、おおむね好評を得ているようである。

図-3 垂直応力の分布状態



4. フルデプスの設計法

フルデプスについて最もまとまった形の設計法は、言うまでもなくA. I. の“Thickness Design”である。A. I. は1937年に「道路技術者用アスファルト・ポケットブック」に舗装設計法を発表して以来、改正を重ね、今回の設計法が第8版にあたる。本節ではA. I. の設計法を紹介し、あわせてわが国のアスファルト舗装要綱との相異を検討することにしよう。A. I. の設計法では本文が6章からなり、付録としてA～Gまで詳しい説明が載っているが、このうち、最も重要な項目は、路床の評価・交通量のとり方・厚さの設計方法であろう。以下、この順序に従って述べることにする。

[1] 路床の評価

設計路床強度値は、試験による路床土強度値に基づいて決定される。設計路床強度値は、ある区間のすべての

試験値の90%以上の値を持つ路床土強度値と定義され、次の方法により決定される。

1. 数字の大きさの順で、すべての試験結果を配列する。
2. 各々の試験結果について、その試験値と同等あるいはそれ以上の値をもつ個数の試験値の総個数に対するパーセントを計算する。
3. 方眼紙に結果をプロットする。
横座標 路床支持力強度値 (CBR)
縦座標 同等以上の支持力強度値の総個数に対するパーセントプロットされた点を通るなめらかな最適合曲線を描く。
4. 曲線より90%の路床土支持力強度値を読む。これが設計路床支持力強度値である。

以上の評価法とわが国の設計CBRの根本的相異は、A. I. は現場試験であり、設計CBRは室内試験であるという点にある。両者の値については、実験資料がないので比較できないが、今後検討すべき問題の一つであろう。なお、A. I. では路床支持力強度値としてCBRの他に、R値、平板載荷荷の3種を採用している。また、ランダムサンプリング法によるサンプル採取箇所の選択手順についても詳しく説明してある。

表-1 アメリカにおけるトラックパーセントとトラック平均総重量

道路および市街地道の種類	重トラック*パーセント	トラック平均総重量* (1,000ポンド)
市街地道 (地方都市)	9以下	15~25
主要道路	5**~15	20~30
州間道路	5~10	35~45
地方道	15以下	15~25
主要道路	5~20	30~40
州間道路	10~15	35~45

* 合衆国における平均である。他の国や合衆国の地方地域では土地利用や産業の形態により特別な配慮が必要な場合もある。

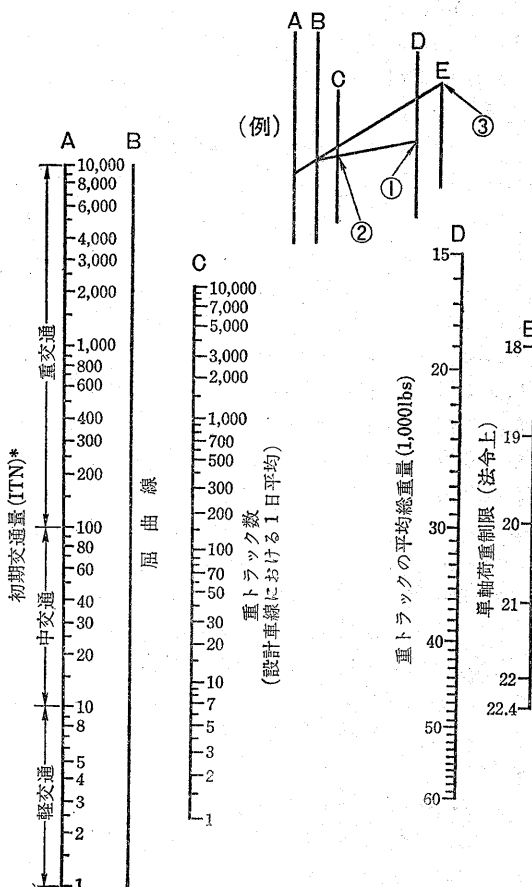
**場合によってはこれ以下のこともある。

表-2 設計車線における総トラック交通パーセント数

交通車線の数 (2方向)	設計車線のトラックパーセント数
2	50
4	45 (35~48) *
6	40 (25~48) *

* おおよその範囲

図-4 ITNの決定法



[2] 交通量のとり方

交通量解析については、わが国のA, B, C, Dと4種にわけける方法に比べ、はるかに詳しいとり方をしている。以下簡単にその手順を述べる。

1. 完成した道路が交通に開放され、最初の1年間に通る日平均車両台数を予想する。これは初期日交通量 (IDT) と呼ばれる。
2. 交通量測定および交通分類の資料から交通の流れの中の重トラックの百分率(A)を予想する。その種のデータが不足する場合は、表-1を用い予想する。
3. 設計車線におけるトラックパーセント (B) を決定する。これは表-2を使って予想する。通常トラックは最も外側の車線を通行するが、両方向に均等に分配されるように考えてもよい。しかし鉦山地域では、トラックによる重量物の運搬は1方向のみで帰りの車線では空トラックの交通となるような例外

もある。多車線道路では、重量物運搬車の80%以上が外側車線を通行する。

4. 次の手順により設計車線に予測される重トラックの平均日交通量を予想する。

$$\text{重トラック数} = \text{IDT} \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100}$$

ここにIDT, A, Bは前述の1, 2, 3で説明されている。

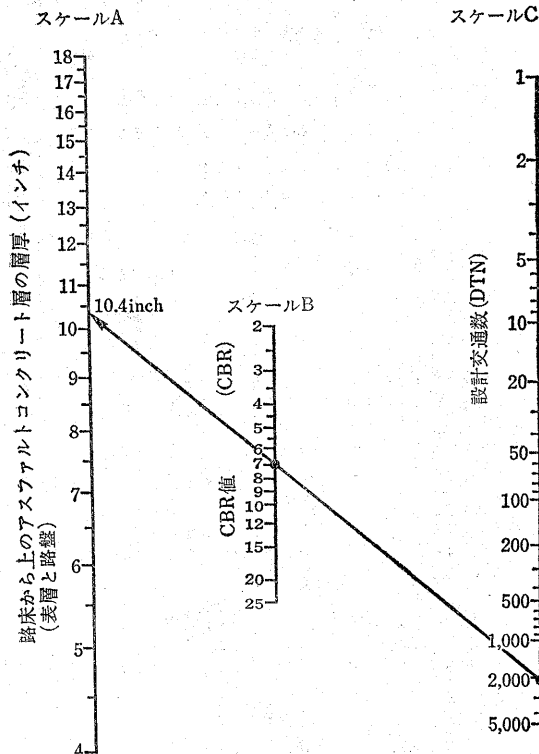
5. 交通量調査資料から重トラックの平均総重量を予想する。その資料がない場合は、表-1を参考にするとよい。
6. 州および地方自治体の法令により設定される法的単軸重限界を決定する。
7. 以上で得られた値に基づき交通解析図を使用してつぎの手順で初期交通数を設定する。
- (a) 図-4のD線上に平均総重量（上記(5)）を記入する。
- (b) C線上に設計車線上の日平均重トラック交通量の位置を定める。

図-5 舗装厚の決定法

表-3 ITNの調整係数

設計年数 (年) n	年 当 り 交 通 伸 び 率 (%) r					
	0	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

$$\text{係数} = \frac{(1+r)^n - 1}{20}$$



- (c) D, C線上の点を直線で結び、B線まで延長してその交点を旋回点とする。
- (b) E線に単軸重限界点の位置を定める。
- (e) E線上の単軸重限界点とB線上の旋回点を直線で結びA線まで延長する。
- (f) E-B線から延長された直線がA線と交差する点を読む。これが初期交通数（ITN）である。
8. 設計供用年数を設定する。新規の建設ではこの設計供用年数は普通20年である。
9. 年間交通伸び率を予測する。現在合衆国における交通伸び率は平均年当り3～5%である。
10. 予定設計年数と年当りの交通伸び率により、表-3 からITN調整係数を求める。
11. ITNに調整係数をかけると、次の厚み設計図に使用されているDTN₂₀を得る。

以上の過程の中で、1～7の初期交通数（ITN）を求める操作は、最初の一年間に設計車線の上に予想される交通荷重を18,000ポンド単軸荷重に換算するという考え方が基準になっている。

[3] 舗装厚の決定法

アスファルト舗装の総厚を決定するのに、路床強度が

CBRであらわされている場合は図—5 を使用する。その使用法を例題によって説明する。

設定条件

路床土の CBR 値 = 7

設計交通数 (DTN) = 2, 100

1. まずスケール B に CBR 値 7 をとる。
2. スケール C に DTN 値 2, 100 をとる。
3. スケール B 上の点とスケール C 上の点を結ぶ直線を描き、スケール A まで延長する。
4. スケール A 上に 10.4 インチの値が読み取られる。これを 0.5 インチ単位に切り上げ、10.5 インチを得る。

こうして設定条件の CBR 値と DTN 値に対し、アスファルト舗装総厚 T_A 、として 10.5 インチが得られる。

以上の方法によって決定された総厚は、A. I. のタイプ 4 (わが国の密粒度アスコンに似た混合物) に属する高品質加熱アスファルト混合物を使用する場合のものである。タイプ 4 以外のアスファルト混合物を用いた他種類の路盤をもつ舗装厚設計法は、付録に試案の形で述べられている。また最小厚みを次のように規定している。

設計交通量	最小総厚 T_A (インチ)
10 以下	4
10~100	5
100~1, 000	6
1, 000 以上	7

[4] アスファルト舗装要綱との比較

以上、A. I. の設計法の概略を述べたが、わが国のアスファルト舗装要綱における設計法とはかなりの相異点がみられる。表—4 にこれらをまとめて比較した。この中でも特に問題となるのは、舗装厚がどのように異なるかということであろう。路床土の評価法、交通量のとり方がそもそも両者でちがうため、厳密な量的比較は不可能であるが、CBR による舗装厚 T_A の変化の様子を図—6 に示した。舗装要綱からは A, B, C, D の交通区分に従った T_A をとり (実線)、A. I. からは DTN が 10, 100, 1, 000, 5, 000 の場合をとって図—5 より計算した値 (点線) で示してある。これで見ると、設計交通数 (DTN) が 1, 000 の場合は、わが国の C 交通にほぼ相当すると考えられる。また全体として、舗装要綱に比べ A. I. によるものは直線の傾きが大きい。これは、路床強度の小さいものに対して A. I. ではわが国よりも舗装厚を厚

表—4 設計法の比較
舗装要綱

A. I. (MS-1)

路 床	強度試験	CBR	CBR, スタビロメーター 平板載荷
	設計への利用	設計 CBR	現場 CBR, R 値 平板載荷値 (ランダムサンプリング による)
交通解析	換算基準	5 t 輪荷重	ITN (18, 000 ポンド単軸 荷重)
	伸び率	5 年後	1 年後~20 年後
	交通重の区分	A, B, C, D	DTN
	設計基準	T_A および合計厚 H	設計年数に応じた T_A
厚さの決定	計算方法	数式および表	ノモグラフ
	最小厚さ	交通量により区分	DTN により区分

く (または路床強度の大きいものに対してわが国よりも薄く) する傾向があることを示しているものである。

5. フルデプスの利点

前節までに述べてきたように、これまで試験舗装が各地で行なわれ、フルデプスの有利な点がかかなり明らかになってきた。本節ではこれらの点を箇条書きで整理してみる。

- (1) 舗装厚を薄くすることができる。したがって、市街地道路の地下埋設物への影響が少ない。
- (2) 舗装体の均一性を保持することができる。
- (3) 良質な粒状骨材の使用量を少なくすることができる。これは、粒状材の入手がますます困難になっている現在、大きな長所となる。
- (4) 低品質の材料を使用可能にする。
- (5) 水の浸入により影響を受ける層 (粒状路盤等) をもたない。したがって、排水・凍上等の点で有利である。
- (6) 路床強度の減少がほとんどない。場合によっては強度の増加が期待できる。これまでの例によると、フルデプス舗装下の路床土は粒状路盤をもつ舗装にみられるような含水比の上昇がない。
- (7) ステージ・コンストラクション (段階施工) が可能である。
- (8) 降雨時に施工中の路床を保護し、悪天候での工期の遅延をなくする。
- (9) シックリフト工法を採用することにより、締固め度の増加・工期の短縮・工費の節減等が可能になる。

以上がこれまで一般に言われてきたフルデプスの主な利点である。このうち特に粒状材料の節約・低品質材料の使用可能性・工期の短縮・工費の節減は、わが国にとっても非常に重要な意味をもつと思われる。

6. フルデプスの問題点

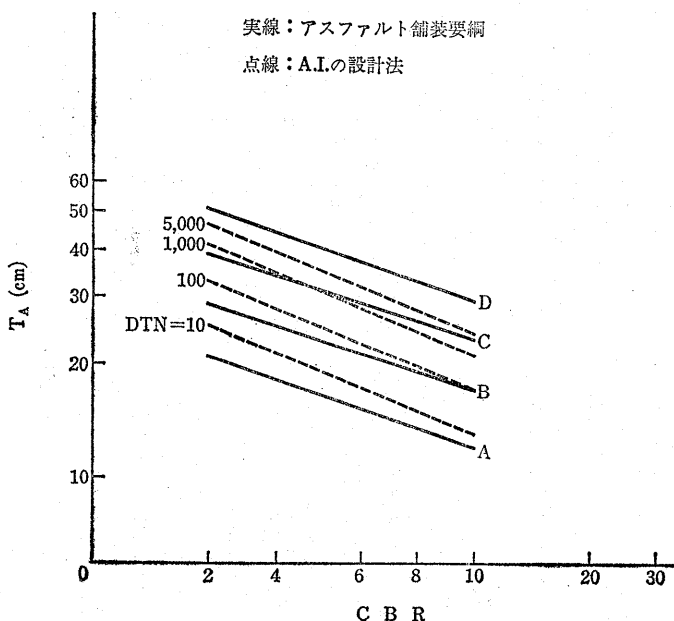
A. I. の設計法は非常に参考となるが、わが国でこれをそのまま採用するわけにはいかない。何故なら設計の基準となる交通量のデータがアメリカのように整理されていないため、A. I. の厚み設計図（ノモグラフ）が使用できないし、わが国では、降雨量が多い上に軟弱地盤が全国的に分布しているという特殊事情があるからである。

したがって、フルデプスの利点は十分認めるにしても実際に施工する場合には種々の問題がおきてくる。以下考えられる問題点を列挙する。

1 路床について

- ① 路床土の評価法がA. I. と異っている。
- ② 凍上の対策をどうするか。A. I. にも明確な規定はない。
- ③ 軟弱地盤（CBR<2）上の舗装厚はどのように設計するか。

図-6 舗装厚の比較



- ④ 排水はフルデプスの場合、どの程度簡略化できるか。

2 交通量の解析について

- ① 設計年数をA. I. は20年、わが国では10年にとってある。両者の調整はどうか。
- ② 交通量のとり方は、フルデプスの場合も舗装要綱に準じてよいのか、再検討する必要があるか。
- ③ 交通量の伸び率は予測できないか。
- ④ 交通荷重の基準として舗装要綱では5トン輪荷重をとっているがA. I. の18Kip（約8.0トン）軸重との相異はどうか。

3 舗装厚の設計について

- ① 舗装要綱の合計厚Hは意味がなくなる。TAだけで設計してよいのか。
- ② 路盤より上の部分は版としての効果をもつと考えられる。版としての強度はどのようにとり入れるか。
- ③ 上から下まで、同じ材料で舗装するということは、コスト等の問題もあり現実的に不可能であろう。この場合の厚み設計をどうするのか。
- ④ ディープストレングスとの選択基準をどうするか。

4 材料について

- ① 現地材料をアスファルト安定処理する場合、その基準をどうするのか。
- ② アスファルトの品質は従来のものでよいのか。
- ③ Top Size を大きくできるか。
- ④ Hot Storage を考える必要があるのではないか。

5 施工について

- ① 敷きならしをどうするか。
- ② 転圧にはどのようなローラーを使用するのが最も効果的か。
- ③ 軟弱地盤上の working table はどうするか。

以上にあげた問題点の解決が今後の研究課題になる。この中には、フルデプスの設計に限らず、現在のアスファルト舗装要綱における重要な問題も含まれており、最終的には舗装要綱を再検討することになると思われる。

7. おわりに

以上は、フルデプス分科会で調査・検討したことをまとめたものである。分科会はまだ研究に着手したばかりであり、本稿はその中間報告にすぎない。なおフルデプス舗装自体が世界的に研究途上にあり、分科会での意見が一致していない点もあって、筆者の私見でまとめた部分もあることをおことわりしておく。

参考文献 (*印は本号に詳しく紹介されているもの)

- 1) "Thickness Design-Full-Depth Asphalt Pavement Structures for Highways and Streets" Manual Series No.1 (MS-1), August 1970 The Asphalt Institute
- 2) 「フルデプス舗装の厚み設計」(48年4月)日本アスファルト協会
- 3) The Asphalt Institute RS-15
- 4) 「アスファルト舗装要綱」日本道路協会
- 5) "Asphalt" April, 1966, The Asphalt Institute
- 6) The Asphalt Institute MS-4 (1965)
- 7) The Asphalt Institute IS-146
- 8) "Newsletter" 9, (1) Feb, 1969 The Asphalt Institute
- 9) W. L. Hindermann "The Swing to Full-Depth" The Asphalt Institute IS-146
日本語訳: 「フルデプス舗装への動き」



7 力国の道路面積と舗装率

International Road Federationの統計(ニュージーランドの Road Research Unit Newsletter, April 1972)によれば、次のような興味ある数字が示されている。

	国土km ² 当りの道路 %	舗装率 %
ベルギー	3.0	不明
日本	2.75	14.95
イギリス	1.45	100.00
アメリカ	0.64	43.61
ニュージーランド	0.35	43.3
オーストラリア	0.12	44.0
カナダ	0.08	81.1

(Asphalt Institute, News Letter, 12(4), Nov. (1972))

「アスファルト」No.67 (44年4月)日本アスファルト協会

- 10) *Vaughn Marker "Full-Depth Asphalt Concrete Pavement Construction" The Sixth Annual Nevada Street and Highway Conference, April, 1971
- 11) The Asphalt Institute IS-143
- 12) The Asphalt Institute IS-153
- 13) *W. J. Kawohl "Full-Depth Asphalt Pavement Developments in Germany-Design and Construction" AAPT 12-14, 1973
- 14) *G. Leykauf and W. J. Kawohl "Structural Design of Full-Depth Asphalt Pavements and Field Tests in Comparison with German Standardized Asphalt Pavements" 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements. Session VI P.29~P.40
- 15) *M. W. Witczak "Design of Full-Depth Asphalt Airfield Pavements" 同上 Session III P.550~P.567
- 16) *R. N. Varlan "Theoretical and Practical Advantages of Single-Pass Construction of Thick Bituminous Road Courses" 同上 Session VI P.1093~P.1101

[筆者: 日本大学理工学部土木科 講師]

西ドイツで新しいプラント建設

Mobil Oil A.G. が Karlsruhe の Woerth 製油所に、300,000トン/年のアスファルトプラントを完成させた。29,000m³の貯油能力のある貯蔵タンク13基を含み、ガルフ石油から7種類のアスファルトを製造する。

Pet. Inf. #1269: 57 (4/13-19/73)

イギリスでアスファルトプラントの建設

London & Liverpool Oil Storage Co. は連続アスファルト酸化プラントを Thames Estuary の Isle of Grain に建設中で、1974年春に運転を開始するだろう。プラント能力は500トン/日で、自動ライン混合装置を用いて、直接タンク車に積みこむことになっている。所要経費は £ 820,000以上

Pet. Times 77 #1969: 8 (1973)

日本のフルデプス舗装の実施状況

桃井 徹

1. まえがき

近年、欧米においては、フルデプス舗装およびシックリフト工法が、しばしば施工され、優秀な成績を収めており、現在では一般的な工法として認められているようである。

わが国においても、ようやく、その優秀性が認識され実験的ではあるが、各方面で適用される気運が盛んとなってきている。

ここでは現時点で容易に入手できるデータの範囲内でわが国の実施状況を把握すべく、各種文献に報告された例を中心にし、これに若干の未発表例を付け加え、それ

らの概況をまとめてみることにする。

2. フルデプス舗装およびシックリフト工法の施工例

表-1 は、各種文献と若干の未発表資料をもとにして施工例をリストアップしたものである。

まず、これらの施工例はすべて試験舗装として実施されており、これに現在、フルデプス舗装およびシックリフト工法が、いまだ実験段階として、抱えられている場合が多いことを示すものであろう。

しかし、東京都においては、昭和48年度より「道路工事設計基準 8. 特殊舗装および工法」¹⁰⁾の中でシックリ

表-1 フルデプス舗装およびシックリフト工法試験施工例一覧

1) 各種文献に掲載されたものと若干の未発表例を含む

2) 断面はアスファルト混合物層のみを記した

No.	試験項目 フルデプス シックリフト	所 官 庁	路 線 名 (または区域)	断 面 (cm)			文献 番号	備 考
				表層	基層	アスファルト 安定処理層		
1	○	建設省東京国道	南大井	4	18	25		断面は標準のもののみ
2	○	運輸省第4港湾局	熊本空港					
3	○	東 京 都	練馬区 上石神井	B 5 C 5	5 5	28 14, 14	1)	
4	○	〃	放射18号線 大田区平和島	5	10	20	2)	
5	○	〃	放射25号線 新宿区神楽坂	5	5	20	〃	
6	○	〃	東京丸子横浜線 品川区五反田	5		35	〃	
7	○	〃	練馬区 下石神井	B 5 C 5	5 5	28 14, 14	3)	
8	○	大 阪 府	真上野田線 高槻	5	10		4)	
9	○	〃	香芝太子線 南河内郡太子町	5	10		〃	
10	○	〃	滝畑境線 境	5	10		〃	
11	○	静 岡 県	149号線 清水市	4	10	15	5)	
12	○	神 奈 川 県	大湧谷小湧谷線 土湯	5	5	0~54	6)	
13	○	〃	大湧谷小湧谷線 早雲山	5	5	0~54	〃	
14	○	福 島 県	坂本白河線 夏梨子	A 5 B 5	5	20 25		未 発 表
15	○	佐 賀 県	福富一武雄線	5	5	27		未 発 表
16	○	日本道路公団	東名阪道路	4	6	15, 20	7)	
17	○	〃	志賀草津道路	2	8	20	8)	
18	○	〃	基山試験舗装	4	6	30	9)	
19	○	北海道開発局	278号線 函館	4	5.5	12		未 発 表
20	○	〃	40号線 旭川	4	5	12		未 発 表

フト工法が一般工法として、正式に取り上げるに至っている。したがって、東京都の例が示すように、単なる実験段階から、本格的実施段階に移行しつつあると見るべきであろう。

試験舗装内容は、フルデプス舗装の構造設計と、工法としてのシクリフトを同時に試験しようとするものと、フルデプス舗装を最終目的としながらも、その手始めにシクリフト工法のみを試験するものとの2つに大別されている。

また、表一1における試験舗装の実施者を所管庁別に区分けすると、東京都(5)、大阪府(3)、神奈川県(2)、その他となり、東京・大阪など大都市々街地道路における例が多い。

これから、フルデプスおよびシクリフトは新設道路より既設道路の打換え・修繕工事に適用されようとしていることが明らかである。

3. フルデプスの試験施工概要

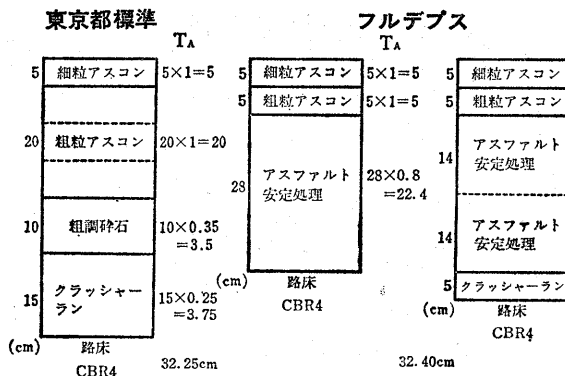
フルデプス舗装の試験施工においては、同時に工法としてのシクリフトの試験も試みられている。これについては、4.において、まとめて考察することとし、ここでは構造設計としてのフルデプスについて概説する。

表一1に示されたフルデプスをその目的別に区分けすると、つぎのようである。

- ① 市街地道路の補修(東京)
- ② 舗装強化(県、日本道路公団など)
- ③ 凍上対策(日本道路公団)
- ④ その他

これらのうち、凍上対策などを目的としている場合は

図-1 舗装構造の断面の比較¹⁾



結果がただちに現われ、フルデプスの効果について云々できる。しかし、いわゆる舗装構造としての優劣を判定するためには、長期の追跡調査が必要で、この結果が明らかになるまでには、いまだし時間が必要である。

つぎに、各施工例における要点をまとめてみる。

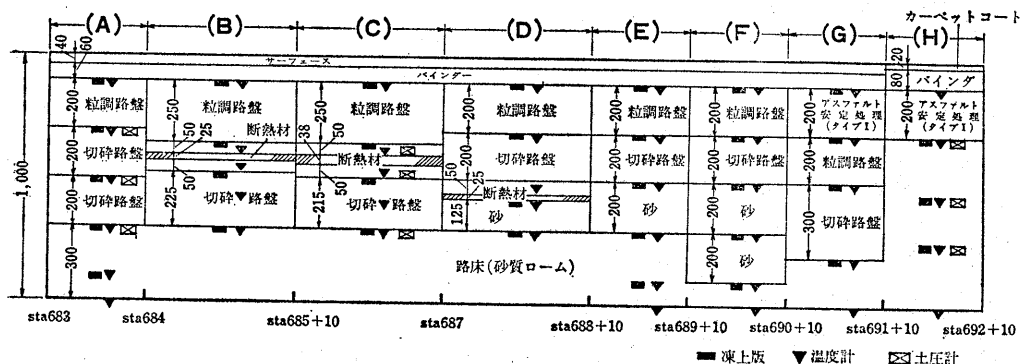
(1) 構造断面

構造断面の例は図-1のごとくであり、表層、基層は通常の断面におけるのと等しく、いわゆる上層、下層路盤にアスファルト安定処理を施した型になっている。

また、舗装厚は30cm~45cmの範囲にある。

構造設計にあたっては、路床の設計 CBR に対して、その合計厚をを無視し、 T_A だけを満足させる方法を採用している。その際、数値換算係数は、舗装要綱の値をそのまま使用している。この方法による設計法の理論的解釈を試みている文献¹¹⁾もあるが、これらの設計法の妥当性については、現在の試験舗装の追跡調査の結果がそろえば、近い将来なにがしかの結論が得られよう。

図-2 試験舗装の断面および計器埋設位置⁷⁾



(2) 市街地道路の補修

ここでは、フルデプスの施工法、経済性などからこの構造が、有利であると述べられている。

すなわち

- ① 厚さが薄いため掘削土量が少
- ② 舗装全体がアスファルト混合物からなっている
ので、施工法が単純
- ③ それにともない品質管理が容易
- ④ 1日当り施工量大、工期短縮
- ⑤ 総合的に経費の低減につながる

などの利点を述べている。

(3) 問題点

フルデプスは、現在試験的に施工され、その経過を追跡されている段階であるため、構造設計上の問題点は、いまだ提起されていない。また、施工直後の問題点として、平坦性が悪いなどの事項があげられているけれどもこれはフルデプスよりもむしろシックリフトに起因するものであろう。

したがってフルデプスに関する問題点はあまり論じられていないことになる。

(4) 凍上対策

日本道路公団が志賀草津道路においておこなった例がある。その標準断面を図-2に示した。

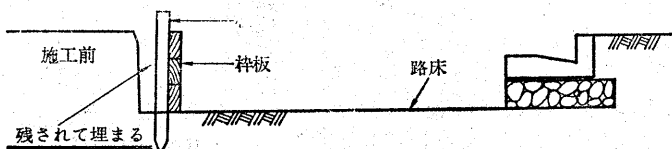
厚さが他の断面にくらべて、かなり薄いにもかかわらず、凍結深が小なること(表-2)、および凍上量、融解期のベンケルマンタワミ量は他の断面の場合とさほど変わらないことなどから、フルデプスが凍上対策工法としても有利であることを示唆していよう。

4. シックリフト工法の試験施工概要

シックリフト工法の試験工事においては、

- ① フルデプス試験舗装の一環として行なわれたもの
- ② 将来、フルデプスを採用することを前提とし、その研究の意味からシックリフトを取り上げているもの。したがって、これは粒状路盤を有する通常の舗装構造の中で、試験を実施していることになる。

図-3 枠板設置略図

表-2 凍結深さと定数(C)⁹⁾

	実測値(cm)	計算値 (cm)	* C
(A)	102	100	4.5
(E)	102	101	4.5
(F)	105	110	4.6
(G)	100	109	4.4
(H)	90	95	3.9

$$*C = \frac{Z}{\sqrt{F}} = \frac{\text{実測値}}{\sqrt{518.4}}$$

- ③ ディープストレングス舗装の研究として取り上げたもの(北海道開発局の例)
- ④ 山間部道路のカント修正のための、レベリング層舗装にこの工法を採用

などの例に区分された。

しかしながら、いずれの場合にも着眼点は同じで、第1に施工が可能か、第2に密度がでるか、第3に平坦性が得られるか、などについて検討されている。

(1) 実施位置と厚さ

表-1におけるシックリフト工法の試験実施位置は、ほとんどが、アスファルト安定処理層であった。また、一例ではあるが、基層用粗粒アスコンの2層を、1層で転圧したものがあつた。

1層締固め度は、10~28cmであつた。

(2) アスファルト混合物

各例において、シックリフトがおこなわれる際は、これに適切な混合物、すなわち最大粒径、粒度などについて研究されるべきであることを指摘しながらも、実際には、1層当りの締固め度 5~7cmとして考えられた通常の合材をそのまま使用している。

(3) 側方拘束条件

混合物の敷きならし、あるいは転圧を容易にする意味で、側方は拘束されている必要があるとしている。打換え工事などで、全幅を一度に施工できる場合は問題ないとしても、縁端部が開放状態となるときは型ワクを設けるべきとしている。(図-3)

(4) 施工時期および気温

表-1に示した例では2~3月施工のものが多く、外気温は、0~10°Cあるいは10~24°Cの場合が多かった。そして、施工時期が夏季の場合、合材温度の低下にかなり時間を要し、交通開放の時間がだいぶ遅れるかも知れないとする報告が多かった。

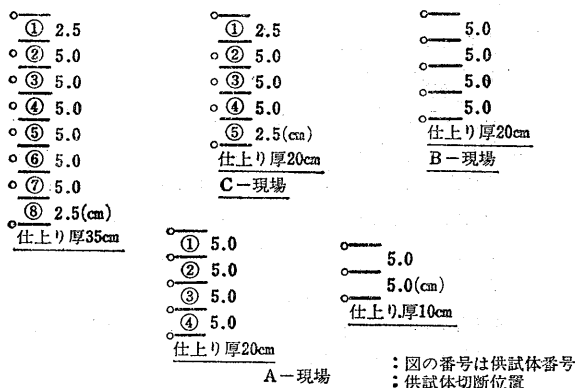
(5) 敷きならし

1層厚が15cm以下で、しかも良好な Working table が得られる際は、フィニッシャーが使用され、これ以上の厚さ、あるいは厚さが15cm以下でも路床が悪い場合には、ブルドーザ、グレーダの併用が多かった。

ただし、グレーダ整正のとき、材料の分離があるとしこれの使用を控えている例があった。概して、グレーダ敷きならしの評判はよくなかった。なおブルドーザ、グレーダ敷きならしにおいては、後の平坦性をよくするためには人力による手なおしが是非必要としている。

また表層の平坦性を良好に保つため、アグリゲートスプレッダを使用して成功している例も多かった。そのさい路床の trafficability を確保するために、路床上に約5cm厚のクラッシャーランを敷いている場合もあった。

表-3 各部の密度および締固め度²⁾



供試体切断位置

(6) 転圧機種

転圧機種は、タイヤローラ、マカダムローラおよびインパクトローラなどが使用され、いずれの場合も通常の舗設のときと同じであり、シックリフト工法といえどもこれで十分であることを強調していた。

(7) 締固め密度

すべての例において、十分な締固め密度が得られていた。ただし、一層厚が35cmの場合、底面部の密度が、締固め度95%を下回ることが認められた例があったりするので、今後とも対策が検討されるべきであると報告されていた。(表-3)。

シックリフトにおいて、密度が十分に得られる理由としては、敷きならされた混合物層が厚く、その温度保持時間が長いために、締固め効果が大きいとしている。図-4は層内の温度分布と締固め密度とを対比したものである。

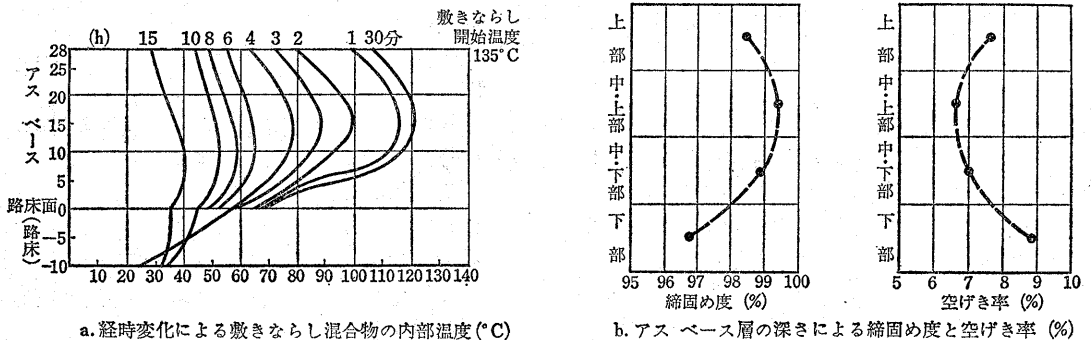
さらに、締固め層内の最大温度と密度との関係をいまだ少し詳しく調べ、合材温度の締固め効果に与える影響を議論している文献¹²⁾もあった。

(8) 平坦性

敷ならしにあたり、ブルドーザやグレーダを用いた場合は、やはり不陸を生じやすく、仕上り厚のバラツキも大きいとしていた。したがって、混合物敷きならしにあたっては、フィニッシャ、スプレッダの使用が必要といえるかも知れない。

シックリフト工法を用いた層の上を、1層とした場合と2層とした場合の平坦性の比較実験例がある。それによれば平坦性を保つためには、2層仕上げが必要であると報告されている。

各部の番号	西 五 反 田				平 和 島				神 楽 坂	
	層 厚 35cm		層 厚 20cm		層 厚 20cm		層 厚 10cm		層 厚 20cm	
	密 度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	密 度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	密 度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	密 度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	密 度 (g/cm ³)	締固め度 (%)
1	2,328	98.2	2,284	96.3	2,408	103.9	2,363	101.9	2,313	97.7
2	2,419	102.0	2,362	99.6	2,438	105.2	2,384	102.9	2,326	98.3
3	2,427	102.4	2,361	99.6	2,407	103.8			2,322	98.1
4	2,387	100.7	2,326	98.1	2,366	102.1			2,312	97.7
5	2,333	98.4	2,247	94.8						
6	2,289	96.5								
7	2,258	95.2								
8	2,215	93.4								
全 体 の 密 度	2,363	99.7	2,363	98.5	2,404	103.7	2,370	102.2	—	—
基 準 密 度	2,371	100.0	2,371	100.0	2,318	100.0	2,318	100.0	2,367	100.0

図-4 混合物の内部温度と締固め度¹⁾

a. 経時変化による敷きならし混合物の内部温度(°C)
 また、1層が30cm以上にもなる場合には、純然たるシ
 ックリフトとしないで、上部5cmくらいを残して転圧し
 これをレベリング層と考え、後から施工してはどうかと
 の意見もうかがわれた。

(9) 交通開放時期

図-5のごとく、外気温が低い時期にあっても、1層
 の施工層が大となるときは、温度低下が遅れてくるので
 交通開放時期については、今後とも研究の要ありとされ
 ていた。

(10) 検査基準

シクリフト工法を用いた場合、そして一層あたりの
 締固め厚が大となれば、それだけ、平坦性、厚さおよび
 舗装底面部の密度などは、通常の検査基準を満足するの
 が難かしくなっている。したがって、このようなこと
 を予想し、統計的に幅をもった検査基準を用意する必
 要があるとする意見¹³⁾が多かった。

(11) その他の問題点

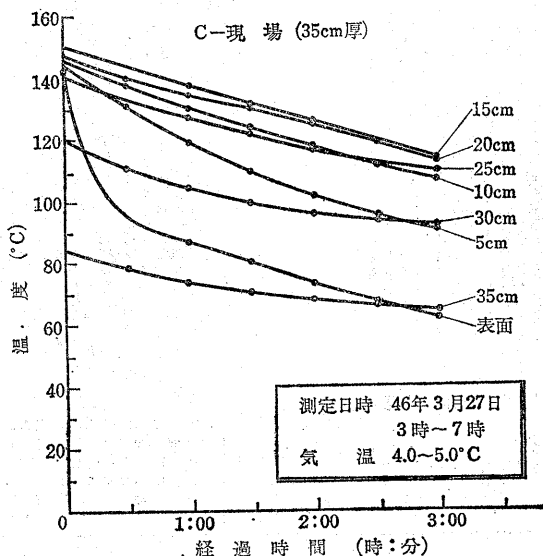
- ① シクリフト工法にあたっては、時間当りの混合
 物の使用量が非常に多いので、それにマッチしたプ
 ラント設備を用意するか、あるいは混合物サイロを
 使用するなどの配慮が必要である。
- ② 混合物の温度保持時間が長いので、施工直後に降
 雨がいったようなとき、霧が発生し、視界をさえぎ
 る危険を生ずる。
- ③ 将来、掘削が必要となった際、切り取りが困難と
 なる。

などの問題点が提起されている。

5. まとめ

これまでの記述をまとめると、フルデプス舗装および
 シクリフト工法の実施状況は、

- (1) おもに、東京、大阪などの大都市を中心に試験施
 工を試みられてきたが、東京都がシクリフトを標
 準の工法として採り入れたことにより、いよいよ実
 験段階から、実施段階に第1歩を踏み出した状況に
 あると考えられる。
- (2) フルデプス舗装の舗装構造としての効果について
 は、現在、試験舗装の追跡調査を実施中であるので
 確かな情報が得られるまでには、いまだ時間が必要
 であろう。
- (3) シクリフト工法の試験施工によれば、1層締固
 め度が35cmくらいならば、施工が可能で、締固め密
 度も、十分に得られているようである。
 そして、この際、注意を要する点は、敷きならし
 機械、施工時の気温と交通開放の時期などで、転圧
 機種については、特別の配慮は必要がないとされて
 いる。
- (4) シクリフト工法を採用した場合、仕上り厚さの

図-5 経過時間と温度²⁾

バラツキ、密度の局部低下、平坦性などについて、管理基準を別途定める必要があるとの考えから、現在データを蒐集中である。

6. あとがき

以上、おもに雑誌などに紹介された実施例を中心にして、フルデプス舗装、シックリフト工法の実施状況を考察してみたが、私見ではあるが、とくに後者は現在の要求にマッチした工法であろうとの感を深くした。

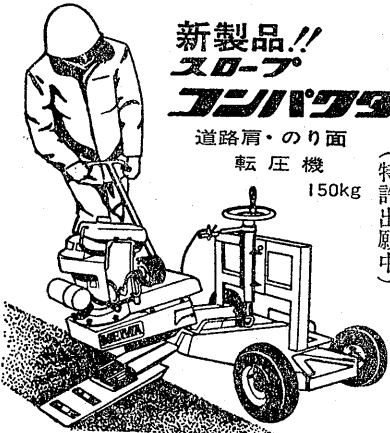
それにつけても、この種新工法の実用化のためには、その合理化ならびに基準化がもっとも重要と考えられることを付記し、フルデプス舗装、シックリフト工法が着実に発展してゆくことを期待するものである。

参考文献

- 1) 岡田良男他、シックリフト工法によるフルデプス試験舗装、舗装 July 1971
- 2) 道路舗装研究会、シックリフト工法、道路建設 12月 1972年
- 3) 酒井理治他、Full-Depth 舗装における Thick

Lift 工法の試験施工について、第10回日本道路会議

- 4) 赤井一昭、シックリフト工法の試験、舗装 Apr, 1973
- 5) 彦山恒明他、ミフルデプス舗装、舗装 June 1973
- 6) 原川久雄他、安定処理合材のシックリフト施工例、第10回日本道路会議論文集
- 7) 倉橋稔他、シックリフト工法によるフルデプス舗装の試験施工、道路建設 昭和47年3月
- 8) 瀬在武、志賀草津道路における寒冷地の試験舗装、舗装 Jan 1972
- 9) 田中武夫、専用工事用道路を利用した舗装試験、舗装 May 1971
- 10) 東京都、道路工事設計基準 昭和48年
- 11) 三浦裕二、ミフルデプス舗装の厚み設計、舗装 July 1971
- 12) 秋山政敏他、シックリフト工法について、第10回日本道路会議論文集
- 13) 大概威二、ミフルデプス舗装とシックリフト工法、舗装 Apr, 1970

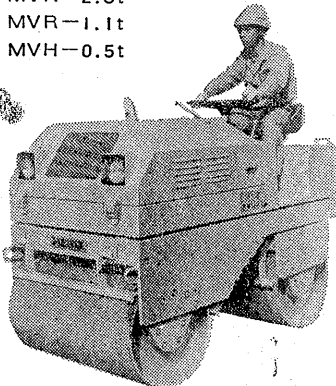


新製品!!
スロープ
コンパクタ
道路肩・のり面
転圧機
150kg
(特許出願中)

ローラ

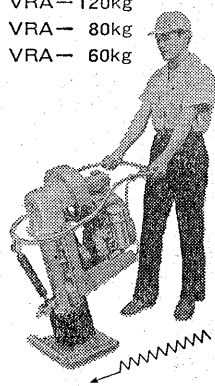
両輪／駆動・振動

アスファルト舗装
サイド転圧可能
ステアリング軽快
MVR-2.5t(パワーステアリング付)
MVR-2.3t
MVR-1.1t
MVH-0.5t



明和 **パイプ**
ランマ

路盤碎石締固め
水道・ガス管・道路
電設・盛土埋戻
VRA-120kg
VRA-80kg
VRA-60kg



パイプ
プレート
アスファルト固め
路面整形・補修
VP-110kg
VP-70kg
VP-60kg



(カタログ送呈)全国各地に販売店あり

株式会社
明和製作所
川口市青木1丁目18-2

本社・工場 Tel (0482)代表(51)4525 ~ 9 千332
大阪営業所 Tel (06)961-0747 ~ 8 千536
福岡営業所 Tel (092)41-0878・4991 千812
名古屋営業所 Tel (052)361-5285 ~ 6 千454
仙台営業所 Tel (0222)56-4232・57-1446 千983
札幌営業所 Tel (011)822-0064 千062

欧米における フルデプス- アスファルト舗装 の概況

1. まえがき

A. I. の雑誌 (Quarterly, News-letter など) およ
び Mobil Oil の文献を中心に、フルデプスアスファ
ルト舗装の変遷とその施工例を紹介する。

2. アメリカにおけるフルデプス舗装

アメリカでは80年も前に多くの街路にフルデプス舗装
が施工された。この舗装は馬車などの鉄輪やソリッドタ
イヤのきびしいせん断に耐えて、ほとんど補修の必要も
なく、今日に至っていると報告されている²⁾。

その後、空気タイヤの発達、交通量も多くないという
ことで、路盤に安定処理した粘土と砂利の混合物、碎石
などを用いて施工した従来の舗装が主流となり、近年に
至った。最近フルデプスが再認識され始めたのは、両軸
トラックや重量車輛のような重荷重車の増加、AASHO
道路試験の結果、アスファルト安定処理層に対する認識
が高まったこと、その他の経験によりディーブストレン
グスへの認識が深まったことなどによる。1955年以降ア
メリカ西5州ハイウェイのディーブストレングス工法に
よる建設状況は表-2 のとおりである³⁾。なおアメリカ
の施工例を【付表-1】に示した。

3. アメリカ以外の国のフルデプス

アメリカのフルデプスにならって【付表-2】にある
とおり、ヨーロッパでも少しずつこの工法を取り入れる
国が現われてきた。主としてディーブストレングスによ
る舗装が多いようである。またドイツの実施例は【付表
-3】のとおりまとまった形で報告されている⁴⁾。

表-1 フルデプス舗装の施工例 (アメリカ)

都 市 名	建設年度	全舗装厚 cm
Omaha, Nebraska	1889	15
Visalia, California	1894	19
Broadway, Milwaukee	1895	—
Cook street, Portage, Wisconsin	1903	—
Los Angeles, California	1905	22
Porter ville, California	1905	—
U. S. 77 through Guthrie, Oklahoma	1909	—
Bakersfield, California	1913	15
Buther Boulevard, Lansing, Michigan	1914	—
Passaic, New Jersey	1923	22
Patterson, New Jersey	1923	15
Van Couver, B. C.	1924	19及び14
Meridian, Mississippi	1925	13
Cherleston, South Carolina	1925	14
Helena, Montana	1926	13
Grand Rapids, Michigan	1926	15
Hutchinson, Kansas	1928	19
Bismarck, North dakota	1930	13
Topeka, Kansas	1932	15
South Sioux City, Nebraska	1947	18
Kansas City, Missouri	1956	33

表-2 アメリカ西5州におけるハイウェイの
ディーブストレングス工法

Year	プロジェクト数	マイル数(2レーン)
1955	1	1.9
1956	0	0
1957	3	14.7
1958	1	5.3
1959	3	12.5
1960	6	63.4
1961	3	65.9
1962	12	65.7
1963	23	132.1
1964	42	302.5
1965	40	315.0
1966	51	305.98
1967	55	297.32
計	245	1,582.3

4. 施工例

4.1 適用範囲

フルデプスは私道・街路からハイウェイに至るまでのあらゆる道路に適用されている。また空港・トラックターミナル・駐車場・学校の運動場などの応用範囲は広い。図-1 はラゾーバック競技場の舗装断面の詳細図であるが、表面に人工芝を用い、いくつかの接着剤層を用いた新しい例である⁹⁾。

4.2 舗装構造

(1) 路床

A.I. の Manual Series No. 1 による舗装の厚み設計図(図-1)に示されるように、一般に路床の CBR 強度は 2 以上を考えている⁹⁾。South Carolina の場合など、ハイウェイの路床土の強度が低い場合には土の置替えを行ったり⁶⁾、また建設機械などの設備を支持できない路床に改良路床が必要となる¹⁷⁾。ドイツの例でも安定度が低い場合には路床を改良するよう指示しており、また軟弱路床土の場合には総厚を 4 cm 加算することとしている⁹⁾。

(2) 表層・路盤など

フルデプスといっても 1890~1930 年ごろまでの古い例では、鉄輪タイヤに耐える程度のもので総厚 15~20 cm 程度のものが多いが、最近のものでは総厚 40 cm 前後の舗装で、一般に表層 5~10 cm、路盤 15~30 cm となっている。中間層または基層を 5~15 cm 設ける場合もある。ヨーロッパではディープストレングス的な考え方の施工例が多く、アスファルトを用いずに下層路盤に粒度調整砕石や安定処理などを行っている例が多い⁹⁾。

図-2 は道路用舗装において、路床土 CBR と設計交通数から総厚を求める計算図表である。空港舗装の例では図-3 のように航空機の総重量と路床土の CBR から総厚を求めている⁹⁾。また駐車場などの場合には表-3 のとおり路床の状態と車の種類および台数により、総厚を決める例が示されている⁹⁾。またドイツの例では交通量と路床土の強度から総厚を求めている⁹⁾。(表-4)

ディープリフト工法で、リフト数についての比較を North Carolina で実験し、5°の 1 リフトと 2 リフトで差がないとしている¹⁰⁾。アメリカの James town の例では 1 リフト 28 cm の施工例の報告がある¹¹⁾。また 1 リフト 6°について、リフトの厚さと混合温度を変えた場合、舗装の上・中・下で空隙率がどうなるかを実験した例を表-5 に示した¹⁰⁾。この表でみるとおり、リフトの厚さが増すと、多くの熱が保持されるので、中間が最も締り、温度が高いほどよく締るという結果を示している。

(3) アスファルト

図-1 ラゾーバック競技場の舗装断面図

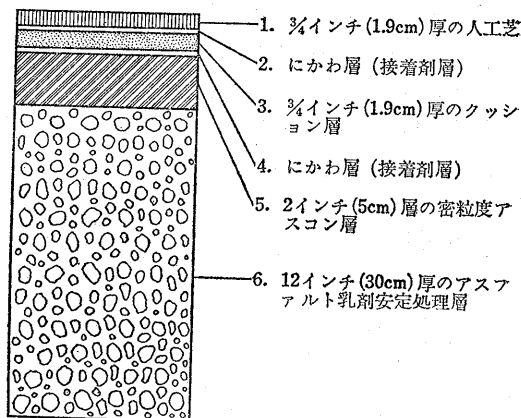
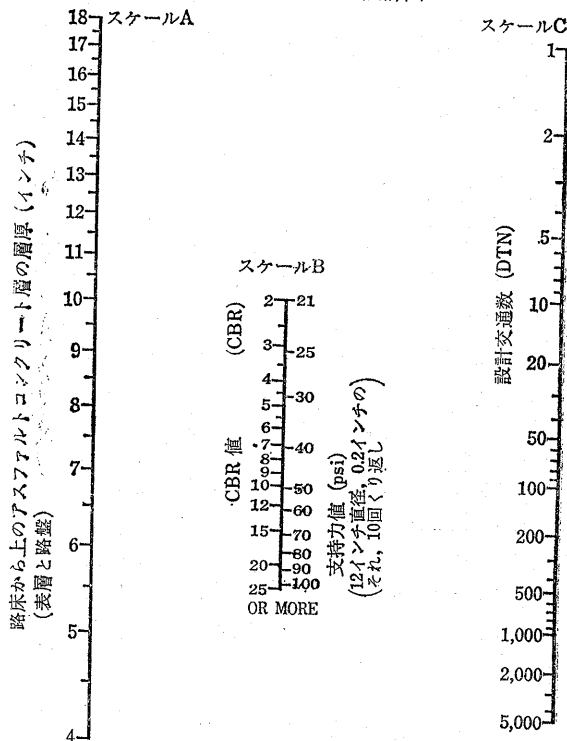


図-2 路床強度測定に CBR 値または平板載荷値を用いた場合の舗装厚み設計図



アメリカでは一般に 80/100 を用いる例が多いが、Iowa 州の例では 120/150 を 4% 用いている¹²⁾。トラックターミナルの重荷重交通の場合には、60/70 を用いている例や¹³⁾、港湾のターミナルでは 40/50 を用いている¹⁴⁾。フランスの SOCASO の有料道路は 40/50 を用いており¹⁵⁾、

図-3 空港の構造設計例

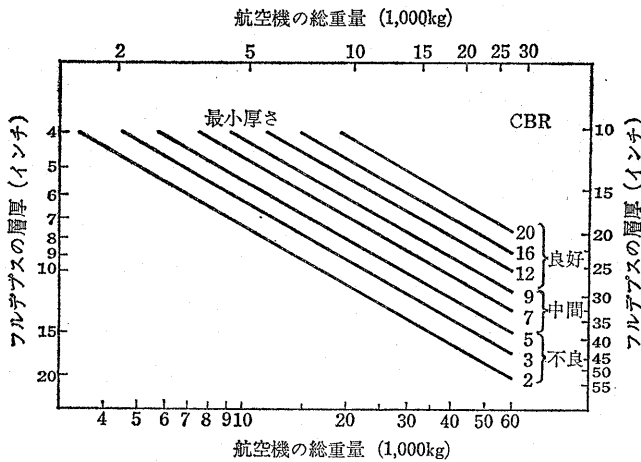


表4 ドイツにおける構造設計例

下層路盤安定度	軽交通量	中交通量	重交通量	超重交通量
EV2 (kg/cm ²)	T (cm)			
≥ 450	30	36	39	特別研究を要す
≥ 1000	26	31	34	

表-5 リフトの深さと空けき率との関係

		リフトの深さ		
		12"	15"	18"
混合温度 °C		280	295	255
空けき率 (%)	上部き	5.4	2.8	2.4
	中間き	4.2	0.0	3.9
	底部き	4.8	1.1	7.1
		4.8	1.3	4.4

表-3 乗用車の駐車場およびドライブウェー

路床の状態	フルデプス, TA	
	ドライブウェー	85~100台の駐車場 (入口および重トラックの通路は下表参照)
良 ^{*2} 優 ^{*1}	4 インチ (min.) (10.2cm)	4 インチ (min.) (10.2cm)
可 ^{*3}	4 インチ (min.) (10.2cm)	4½ インチ (11.4cm)
不良 ^{*4}	4 インチ (10.2cm)	6 インチ (15.2cm)

トラックの駐車場, サービス・ステーションおよびドライブウェー

路床の状態	フルデプス, TA	
	重トラック20台/日までの駐車場, サービスステーション, 乗用車駐車場入口および重トラックの通路	重トラック20~400台/日の駐車場(トラックストップを含む) 乗用車駐車場入口および重トラックの通路荷物積卸場
良 ^{*2} 優 ^{*1}	5½ インチ (14cm)	7½ インチ (19cm)
可 ^{*3}	7 インチ (17.7cm)	9½ インチ (24.2cm)
不良 ^{*4}	9 インチ (22.8cm)	12 インチ (30.5cm)

- ※1. 優 : 水分や霜に影響されないう路床土で, よく格付けされた清浄な, とがった砂やレキがこれに含まれる。
 ※2. 良 : 濡れているときでも十分な支持力を保っている路床土で, 清浄な砂, 砂レキ, 害になるほどの塑性物質がない土壌がこれに含まれる。
 ※3. 可 : 濡れていても, 適度の強度が保たれる路床土で, ローム, シルト質の砂, 適度の粘土や微粒シルトを含む砂レキがこれに含まれる。
 ※4. 不良 : 濡れたとき全く軟くなり, また塑性になる路床土で, かなりの量の粘土や微粒シルトを含む土壌がこれに含まれる。

表-6 Indiana州標準仕様

下層路盤混合物配合粒度 (路床上へ直接6インチ・リフト)		上層路盤混合物配合粒度 (4インチおよび3インチ・リフト)	
ふるいのサイズ	加積通過率(%)	ふるいのサイズ	加積通過率(%)
1½インチ	100	1½インチ	100
1インチ	80-100	1インチ	70-90
¾インチ	70-90	¾インチ	50-75
½インチ	55-80	½インチ	35-60
¾インチ	—	¾インチ	25-50
No.4	35-60	No.4	20-40
No.6	30-55	No.6	18-35
No.8	25-50	No.8	15-30
No.16	—	No.16	10-25
No.30	12-30	No.30	5-15
No.50	—	No.50	2-10
No.100	—	No.100	0-6
No.200	0-5	No.200	0-2
アスファルト 3-4.5%, 100-120針入度		アスファルト 4-5.1%, 85-100針入度	

基層混合物配合粒度(2インチ・リフト)		表層混合物配合粒度(1インチ・リフト)	
ふるいのサイズ	加積通過率(%)	ふるいのサイズ	加積通過率(%)
1インチ	—	1インチ	—
¾インチ	100	¾インチ	—
½インチ	70-90	½インチ	100
¾インチ	50-75	¾インチ	80-97
No.4	30-45	No.4	40-60
No.6	27-42	No.6	35-55
No.8	25-40	No.8	30-48
No.16	13-28	No.16	18-35
No.30	7-20	No.30	9-24
No.50	2-10	No.50	3-13
No.100	0-6	No.100	0-8
No.200	0-2	No.200	0-3
アスファルト 4.3-5.4%, 85-100針入度		アスファルト 5.5-6.6%, 85-100針入度	

表-7 Matsonターミナルのフルデプス

ホットミックスアスコン：
路盤6インチ

混合物配合粒度	加積通過率(%)
1½インチ	100
1インチ	97
¾インチ	90
½インチ	80
No. 4	47
No. 30	18
No. 50	13
No. 200	6

表層3インチ混合物配合粒度

混合物配合粒度	加積通過率(%)
¾インチ	100
½インチ	81
No. 4	50
No. 30	17
No. 50	11
No. 200	5

(アスファルト：40/50針入度)
(アスファルト量5wt%)

ドイツのオートバーンでは80/100である¹⁵⁾。

4.3 アスファルト混合物の配合

一般には表層・基層または路盤により、従来の工法と同じようにそれぞれの配合設計の基準に従って施工する場合が多い。Indiana州の例を表-6に示した¹⁶⁾。またトラックターミナル(Matson)の例では表-7のとおり若干大きい骨材を使用している¹⁴⁾。フルデプスの特長の一つに、現地材料の活用がうたわれている。フランスの例ではサンドアスファルト路盤で、工事現場の近くの砂が確保できたという報告がある。表-8がその例で、サンドアスファルト層を1リフトで施工したが、縁に沿った合材が脱落する傾向があったので、転圧機にアタッチメントをつけるなどの工夫がなされた¹⁵⁾。

5. まとめ

フルデプスはアメリカを中心としてヨーロッパでもかなり広く採用されつつある工法であるが、成功例の紹介が多く、あまり問題点が指摘されていない。また内容の詳しい紹介も少ない。日本での実用化には参考とすべき点も多いが、多くの問題が残されている。

表-8 フランスのフルデプス・アスファルト舗装の代表的合材設計

	アスコン表層	砂利-アスファルト混合物層	サンドアスファルト路盤
混合比率(% by weight)			
斑岩砂利 (crushed) (10-14mm)	30.1		
(6-10mm)	23.5		
珪土砂利 (6-25mm)		53.0	
斑岩砂 (0-6mm)	37.7		
砂(50%粉碎) (0-6mm)		14.4	
砂(粉碎) (0-2mm)		15.4	
地方砂		9.6	86.4
粉碎砂(18%フィラー)			9.6
フィラー	2.8	3.8	
アスファルト	5.9	3.3	4.0
針入度	40/50	40/50	20/30
マーシャル安定度			
60C (140F)			
Kg	1000	900	550
フロー(mm)	3.6	2.7	3.6
18C (64F)			
(8 days in air)			
Kg/cm ²	81	72	25
水漬(7日)			
Kg/cm ²	69	52	13

6. 文 献

- (1) Mobil Oil A.G.; Suggestions for the Construction and Observation of Full-Depth-asphalt test sections (1972)
- (2) W.L. Hindermann; アスファルト, 12 (67) 4 (1969)
- (3) A.I. Newsletter, 8, (3) Aug. (1968)
- (4) A.I. Quarterly, Jan., 8 (1970)
- (5) A.I. Manual Series No. 1 (MS-1), Aug. 1970.
- (6) A.I. Quarterly, April, 12 (1969)
- (7) A.I. Quarterly, April, 4 (1966)
- (8) A.I. I.S.No. 154, Jan., (1973)
- (9) A.I. I.S.No. 91; (アスファルト, 15 (87), 32 (1972))
- (10) A.I. Quarterly, Oct., 4 (1965)
- (11) A.I. Quarterly, July., 8 (1972)
- (12) A.I. Quarterly, Jan., 11 (1962)
- (13) A.I. Quarterly, April, 8 (1971)
- (14) A.I. Quarterly, April, 14 (1971)
- (15) アスファルト, 15(87), 32 (1972)
- (16) A.I. Quarterly, July, 10 (1971)
- (17) A.I. Quarterly, July, 10 (1972)

【付表一】 アメリカの施工例(1)

適用例	年月日 (場所)	構 造	そ の 他	文 献 *
	1962年 ^{※1} (アメリカ Iowa州国道136)	表層 7.6cm(120/150アス4%) 基層15.2cm(") 路床・土混混合物15.2cm	(フルイ目)フルイ通過重量(wt%) 全長: 10.46km 基層用骨材 1" 100 3/4" 98~100 3/8" 60~94 NO.4 40~80 NO.8 30~65 NO.30 15~40 NO.200 3~12	(12)
	1963年 ^{※1} (アメリカ Kansas市 Chestant市街路)	表層 5.1cm 中間層 5.1cm } (80/100 基層 7.6cm×3リフト } アス 5.2 %)	締固め10~12トン鉄輪ローラー	(Q-July)
	1963年 ^{※1} (アメリカ Montgomery州)	表層 3.8cm レベリング層 5.1cm 上層路盤 7.6cm 路盤(砂利層)10.2cm×3リフト	とくに重交通の場合表層 5.1cm (全厚50.8cm) 基層10.2cm	(Q-July)
	1966年 ^{※1} (アメリカ New-Jersey州など)		Texasの大学講内の道路 12.7cm (加熱混合物) New-Jersey州の試験店舗47.7cm (")	(N-(2)May)
	1969年 ^{※1} (アメリカ Carolina 州) ルート95	表層 3.8cm 基層14.0cm 路盤17.8cm(サンドアスファルト)	ステージコンストラクションを計画 (交通量) 当 面 35.6cm 16,630台/日 将来(1988年頃) 7.6cm プラスする予定 24,360 "	(6)
道 路	1970年 ^{※1} (アメリカ Maryland)	表層 5.1cm 基層 5.1cm 路盤10.2cm		(Q-Jan.)
	1970年 ^{※1} (アメリカ Kentucky)	表層 3.2cm 基層 3.8cm 路盤14.0cm (Johnsonのみ) 16.5cm	400.6km完成, 1972年以降に6.4cm~7.6cmオーバレイを予定	(Q-Jan.)
	1970年 ^{※1} (アメリカ Kansas州) I-70	表層11.4cm 中間層10.2cm 路盤15.2~30.5cm	1971年で57.9km, 1980年までに160.9km施工予定	(Q-July)
	1971年 ^{※1} (アメリカ Columbia)	(全厚) 16.5cm市街路 { 表層 3.8cm 路盤12.7cm 20.3cm集積街路 24.1cm工業地区	1971年で57.9km, 1980年までに160.9km施工予定	(Q-April)
	1971年 ^{※1} (アメリカ Indiana)	(全厚) 40.6cm	16,896km (4レーン) ハイウェイ	(16)
	1972年 ^{※1} (アメリカ Hollywood)	表層 5.1cm 路盤25.4cm	市街地	(Q-April)
	1972年 ^{※1} (アメリカ Mississippi)	表層 3.8cm 基層 6.4cm 路盤10.2, 6.4, 5.1cm	ハイウェイ1,931km施工(全長68,397km建設中)	(Q-April)
	1972年 ^{※1} (アメリカ Jamestown)	表層 3.8cm 路盤28.0cm (1リフト)	市道(ディーブ・リフト工法で再生)	(11)
	1972年 ^{※1} (アメリカ Texas)	表層 1.9cm, 1.9cm 路盤31.8cm(4層)	路床:P.I.6以下アスファルト乳剤で安定化 骨材によいものがなく, 低品位品を用いて施工	(17)

*、A.I. Quarterly. または Newsletter 発行の年 (Q-July とは Quarterly July で、発行年は第1欄に示す。N-(2) May とは Newsletter May 第2号を表わし、発行年は第1欄に示す。)

〔付表－１〕 アメリカの施工例(２)

適用例	年月日 (場所)	構 造	そ の 他	文 献 Ⅱ
空 港	1970年 ^Ⅱ (アメリカ Nebraska)	(全厚)10.2cm	15.2cm×1,189cm 小さな私用空港	(Q-Oct.)
	1970年 ^Ⅱ (アメリカ)		31cm×1,080cm 学生のアルバイトで完成	(Q-July)
	1970年 ^Ⅱ (アメリカ Baltimore)	表層 3.8cm…オーバーレイ 路盤25.4cmを４リフト	エプロンのみ38.1cm厚	(Q-Oct.)
	1971年 ^Ⅱ (アメリカ Otsego and plain well)	11.4cmを２リフト (将来 2.5cmオーバーレイ を予定)	ランナウェイ 807.7m×15m ７日で完成 タクシーウェイ 0.9m幅 エプロン 36.6m×36.6m	(Q-April)
	1971年 ^Ⅱ (アメリカ Indiana)	(全厚) 40.6cm	ヘリコプター基地	(Q-July)
	1972年 ^Ⅱ (アメリカ Philadelphia)	表層 3.8cm 基層 8.9cm 路盤 8.9cmを２リフト	3,206m×76m 航空機の発着 1970年 20,000台 1985年 430,000台推定	(Q-July)
駐 車 場 ほ か	1966年 ^Ⅱ (アメリカ Washington)	10.2cmを２リフト	Boling の組立工場, 24.5万坪の舗装	(N-(4)-Nov.)
	1971年 ^Ⅱ (アメリカ Toltec)	表層 5.1cm 中間層 5.1cm (60/70アス) 路盤 7.6cm	1万4,600坪舗装 トラックターミナル	(13)
	1971年 ^Ⅱ (アメリカ Michigan)	表層 2.5cm 中間層 5.1cm 路盤 7.6cm	パーキングエリアは表層 2.5cm トラックターミナル 路盤 7.6cm	(13)
	1971年 ^Ⅱ (アメリカ Indiana)	(全厚) 27.9cm	1967年以来良好 駐車場	(Q-July)
	1971年 ^Ⅱ (アメリカ Mid-America)	資材運搬用 パーキング入口 入口道路 (24,480坪) 8.9 cm ^Ⅱ 14.0cm 24.1cm	* のちに 3.8cmオーバーレイの予定 アメリカ最大のレクリエーションセンターの建設	(Q-July)
	1973年 ^Ⅱ (アメリカ Northgate Mall)	表層 2.5cm 路盤20.3cm 路床 (CBR 3)	7.32m×27.4km ショッピングセンター ステージコンストラクション (20.3cm, 2.5cm) 重交通	(Q-Jan)
その他	1970年 ^Ⅱ (アメリカ Douglas)	表層 2.5~3.8cm (シートアス) 路盤 6.4~10.2cm	ハイスクールのランニング用トラック	(Q-Oct.)
	1970年 ^Ⅱ (アメリカ Douglas)	(全厚)11.4~12.7cm	Cornhusker レースウェイ 18.3m×1,280m	(Q-Oct.)
	1971年 ^Ⅱ (アメリカ Los Angeles)	表層 7.6cm 路盤15.2cm(１リフト)	ドックザイド 5.6坪施工	(14)

【付表-2】アメリカ以外の施工例

適用例	場 所	構 造	そ の 他	文 献 等
道 路	フランス (パリ-リオン)	表層および中間層 5.6cm 路盤(2層) 11.9cm 路盤(2層)☆ ₁ 40.1cm	建設中のもの 全延長60.4km 1965年完成 リーユ〜ロイエ (119km) リオン〜マルセイユ (103km) エストレル〜コートダジュール (50km) メツ〜アルメンティエール (16km) ストラスブルグ〜スュト (14.5km)	Q-April (1966)
	フランス (Orleans-Poitets) (Chartres-Le Mans)	表層 7.6cm 中間層12.7cm 路盤20.3cm	全延長 465km	(15)
	ベルギー (新キングボードウイ ン高速道路)	表層および中間層 6 cm 路盤(2層) 11.9cm		Q-April (1966)
	カナダ (モントリオール- セルブリック)	表層および中間層 7.6cm 路盤 7.6cm 路盤(碎石)☆ ₁ 15.2cm 凍上防止路盤☆ ₁ 88.9cm	全延長 116km	"
	デンマーク (コペンハーゲン- デンマーク) (ローランド高速道路)	表層およびウエア リング層 2.5cm 路盤 17.8cm 安定処理路盤☆ ₁ 20.3cm 凍上防止路盤☆ ₁ 30.0cm 石灰安定処理路床☆ ₁	全延長 35.4km 1963年完成	"
	イギリス (バーミンガム- プレストン)	表層および中間層 10.2cm アス安定処理路盤 25.4cm 路盤☆ ₁ 17.8cm	1963年	"
	ドイツ (フランクフルト- ニュールンベルグ)	マシチックアスファルト表層 3.6cm 中間層 8.6cm 路盤 17.8cm セメント安定処理路盤☆ ₁ 15.0cm 未処理路盤☆ ₁ 35.1cm	1964年完成 全延長 232km	(15)
	イタリア (ナポリ- イタリア半島)	表層および中間層 7.6cm アス安定処理路盤17.8cm 路盤☆ ₁ 35.6cm	全延長 370km	Q-April (1966)
	オランダ (ブッソム- ローレン)	表層および中間層 7.1cm 路盤 11.9cm 安定処理路盤☆ ₁ 15.0cm	1964年完成	"
空 港	ベネゼラ	表層および中間層 10.2cm 路盤(2層)☆ ₁ 15.2cm 粒度調整碎石路盤☆ ₁ 20.3cm	全延長 35km 1965年完成	"
	マレーシア (サバング)	表層 3.8cm 中間層 6.4cm 路盤10.2cm×4リフト	1965年完成 全長 3,420m (アスファルト量 3.3~5.4%)	N-(2)-May (1966)

☆₁ アスファルトを含まないもの

【付表-3】ドイツにおけるフルデプス

建設年	場 所	道路の種類	幅(m)×全長(m)		路 床	舗 装 厚 (cm)	
						路 盤	表 層
FGのフルデプス試験区間							
1970	Selb I	連邦道路	8.50	2×30	粉碎片麻岩(凍上しやすい)	20.0 or 28.0	12.0
1971	Selb II	"	8.50	2×80	"	18.0 or 25.0	12.0
1972	Boblingen	"	8.50	3×100	凝集性土	38.0 or 25.0	8.5
他のフルデプス試験区間							
北ドイツ							
1965	Tonning	公 道		4×100	砂質粘土	10.0—25.0	5.0
1969	Ilster	州 道	9.00	3700	細 砂	24.0	7.0
1970	Schneverdingen	公 道	8.00	9500	"	24.0	7.0
1970/71	Hermannsberg	"			"	24.0	7.0
1970/71	Soltau	連邦道路	11.00	5000	"	28.0	7.0
1971	Bad Grund	市 道	6.5	50	凝集性土	28.0	7.0
1972	Uelzen (detour)	連邦道路	24.00	2000	細 砂	28.0	7.0
1972	Clausthal	"	12.00	35	頁 岩	29.0	7.0
1972	Dremervörde	工場用道路	3.00	400	砂利, 砂, 泥炭	10.0	7.0
1972/73	Hörpel	公 道	8.00	1700	ローム, 細砂	24.0	7.0
1972/73	Biapingen	州 道	7.50		細 砂	24.0	7.0
1972/73	Salzgitter	住宅地道	6.00	600	ローム, 粘土	20.0	7.0
西ドイツ							
1969	Obererlenbach	公 道		2×20		24.0	7.0
1971	Camberg	超高速道路	12.00	3735	頁 岩	28.0	12.0
1971	Raum Munster	公 道	6.50	Various	凝集性土	27.0	12.0 or 7.0
1972			7.50		改 良		
1973	Gelsenkirchen	市 道 (2レーン)		2000	ローム質土	27.0	12.0
1972	Hamm	市 道		4 locations 230 each	凝集性土	25.0	3.0
1972	Lünen-Bergkamen	公 道	7.50	300	山際材料	20.0	12.0
					砂	20.0	12.0
					ローム	10.0, 20.0	12.0
1972	Stadtstrasse Münster	市 道	7.50	800	改良凝集性土	22.0	7.0
1972	Aachen	市 道	7.50	200	泥炭土, 粘土, シルト	20.0—25.0	12.0
南ドイツ							
1966	Riedener wald	貨物集積所道路		2×30	ローム	27.0—39.0	9.0
1971	Dettenhofen	州 道	5.50	3800	ローム/ローム質砂利	23.0	7.0
1971	Viehhaissen	地域社会連結道路	5.50	1000	ローム/凝集性砂	16.0	6.0
1971	Breitenweinzier	"		3600m ²	ローム/風化花崗岩	17.0	2.0
1972	Fischbach	領有地道路		4200m ²	月化花崗岩	17.0	3.0
1972	Eberstadt	工場用道路	3.00	500 appr.	シルト, 泥灰土	8.0, 10.5, 13.3	8.0, 6.5
1972	Reutlingen	産業道路		2300m ²	シルト質粘土	30.0	2.0
1972/73	Bayreuth	領有地道路		850m ²	ローム質砂利	20.0	7.0
1972	Franken	公 道		16000m ²	砂質ローム	24.0	7.0

フルデプス アスファルト舗装の施工 FULL DEPTH ASPHALT CONCRETE PAVEMENT, CONSTRUCTION

VAUGHAN MARKER

Division Managing Engineer
Pacific Coast Division
The Asphalt Institute

For Presentation at The Sixth Annual
Nevada Street and Highway Conference
University of Nevada
Reno, Nevada
April 7, 1971

海外文献抄訳・1

路床の上に直接アスファルト合材を舗設するシック (Thick) アスファルト舗装の考えは新しいものではなく、カリフォルニアでは1894年に6"厚のアスコン基層と1"の表層から成る舗装がつくられている¹⁾。この時代から1930年代の中頃まではアスコン表層は厚層で施工され結果はよかった。

その後、舗装材料や技術が進歩し、表層と未処理路盤 (untreated base) の組合せを用いる方が経済的でもあり便利になってきた。

このようにして1940年代から1950年代の中頃までは、未処理路盤層は厚くなり、アスコン層は次第に薄くなって、遂にはアスコンは薄い表層のみ用いられるようになった。その結果多くの路盤 (base) が破壊しはじめたので、未処理路盤にセメントを加えて強化することが一般的になってきた。

交通荷重の増加によってさらに厚いアスコン層が必要となり、またWASHOやAASHOの道路試験、その他から、より厚いアスコン層の利点が立証され、今日のフルデプスアスファルト舗装の考え方が生まれてきたのである。

フルデプスアスファルト舗装を施工する上の問題点としては、合材の温度、舗装の平坦性およびアスコンの密度で、これらは相互に関係があり、また締固めに関連がある。

設計の考え方

フルデプスアスファルト舗装は、基本的には粒状路盤 (granular base) を用いたアスファルト舗装と同様に路床を保護し、構造自体も支持力を持たなければならない。

アスファルト舗装の構造設計で考慮すべきことは路床の塑性変形と舗装体の弾性変形であるが、いずれもスティフネスを増すことによってその変形を減少できる。

フルデプスアスファルト設計の場合は、アスファルトの粘着力のため、粒状路盤より薄い厚さでスティフネス

を著しく増加させることができる。

この場合、舗装はいわゆるスラブとしての強度を持ちもはや「たわみ性舗装」ではない。

締固めの考え方

1940年代は2~3"以上の厚さのアスコンは所定の密度まで締固めることはできないと考えられていた。

数年後 Beagleは工期短縮の必要から厚層でアスコンを舗装する実験をはじめ、18"厚まで一層で施工し、薄層の場合より厚層アスコンの方が高い密度に締固められたことを明らかにした²⁾。

またワシントン州道路局の実験でも厚層舗装は平坦性を損なわずに、より高い密度に達することができることを証明した³⁾。

厚層アスコンの締固めおよび密度に影響する因子は次のとおりで、薄層の場合とほとんど同じである。

1. 締固め温度
2. 合材の粗さ
3. ローラの転圧回数
4. スチール・ローラの重量
5. 振動ローラの起振力
6. タイヤ・ローラの重量、直径、空気圧
7. 層の厚み
8. その他

つぎにこれらの因子の影響を説明するために、最近完成したいくつかのプロジェクトの例を述べる。

施工プロジェクト

プロジェクト 1 (1967年6月に施工したカリフォルニア州バークレー市の例)

骨材：比重約2.73のもの

アスファルト：針入度級 85~100のもの 5.5%

路床：R値10の自然路床

設計厚：アスコン12"

敷きならし：パーバー グリーン SA-40で6"厚に敷

きならし (締固め後5"厚)

締固め: 初転圧はバラスト17トンのタイヤ・ローラ二
次転圧は10~20トンのスチール・タンデムロ
ーラ

工事はうまくいったが、こう配が7%に近い箇所だけ
はタイヤ・ローラでは不具合なので初転圧もスチール・
ローラを用いた。

締固め終了後の密度は最大理論密度の93~97%であ
った。

このプロジェクトでは300°Fのアスファルト合材を、
敷きならし後1.5hrで締固め終了した表面下1"の温度は
まだ210°Fであった。高い密度が得られるのはこのよう
に締固めの間、温度が保たれているためである。

厚層の場合の締固めは中央からはじめ、縁部は後にす
ることが必要である。縁部からはじめるのと型枠がない場
合は合材が外側にはみ出す傾向がある。

プロジェクト 2 (1967年に施工したパークレー市の 例)

骨材: 砂利骨材 (gravel aggregate)

アスファルト: 針入度級 85~100のもの 5%

設計厚: 4½"

敷きならし: バーバーグリーン SA 41で6"厚に敷き
ならし、

締固め: 8~10 tのスチール・タンデム・ローラと割
合小型のタイヤ・ローラ (バラスト12 t) を使
用

タイヤ・ローラが小型のため、タイヤが合材中にめり
込み、初転圧はうまくできなかったの、初転圧はスチ
ール・ローラを用い、残りをタイヤ・ローラで締固め
た。密度は最大理論密度の95%であった。

このプロジェクトに用いた合材は締固め温度を270°F
に下げる必要があったが、2 hr後締固め終了の時点で表
面下1"は200°Fであった。

プロジェクト 3 (1968年夏に施工したサニーベール 市の例)

骨材: 石灰岩碎石, 砂

アスファルト: 針入度級 80~100のもの 5.2%

路床: R 値 10

敷きならし: バーバーグリーン SA 41 を使用

設計厚: 合計 14" (基層 4"×3層, 表層 2")

締固め: BMCO 25T11 タイヤ・ローラ (バラスト
20トン), 仕上げには 10~12トン スチール

ローラ,

このプロジェクトでは合材 2,241トンを使用し、これ
を 7.5hr で3層に舗設した。最初合材の温度保持時間
は2 hr以上と考えていたが、第1層の温度がその上の層
におよぼす影響は考慮しなかった。このため第2層の温
度が高すぎ密度が上らなかった。第3層は250°Fになっ
てから締固め、タイヤ・ローラで8~10回転圧して最大
理論密度の93~96%に達した。

プロジェクト 4 (1967年11月に施工したロスアンゼ ルス市の例)

このプロジェクトはシックリフト工法の密度におよぼ
す影響を調べるために行なわれた。

締固め後の厚み6"の合材が一層で敷きならされ、いろ
んな機械や方法で締固められたが、いずれも高密度が
得られた。

プロジェクト 5 (1970年4月サンフランシスコ市で施 工した例)

現場は通勤道路の改築なので午後4時30分までに交通
を可能にする必要があった。まず既存舗装を掘削し、そ
こに直ちにダンプでアスコンをおろし、モーター・グ
レーダで敷きならし、大型の自走式振動ローラで締固め、
7"厚の基層をつくった。振動ローラの効果はすぐれてお
り、静的荷重のローラと同等の密度が得られた。

基層のシックリフト工法は実用的で、従来の方法と同
等あるいはそれ以上の密度が得られる。敷きならしと締
固めについては、若干修正すれば従来の機械を使用する
ことができる。また表層を舗設するのに必要な平坦性も
確保することができる。

文 献

- (1) Vallerger, B. A. "The Quiet Evolution in Heavy Duty Asphalt Pavement Design," Proceedings, California Street and Highway Conference, 1959
- (2) Beagle, Charles W., "Compaction of Deep Lift Bituminous Stabilized Base," Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists Vol. 35, 1966
- (3) Minor, Carl E., "Asphalt Pavement-Placed and Compacted in Thick Lifts," Civil Engineering Magazine, May, 1966

フルデプスおよびディープストレングスアスファルト舗装の施工

Construction of Full Depth and Deep Strength Asphalt Pavements

John D. Bethune,

Assistant Materials Research Engineer,
Country Roads Board of Victoria

SECOND NATIONAL
ASPHALT CONFERENCE
MELBOURNE, AUSTRALIA
APRIL, 1973

海外文献抄訳・2

1. はじめに

この報文はオーストラリア・ビクトリア地方道路局が海外で施工されたフルデプスおよびディープストレングス舗装について、視察調査した結果をまとめ、この舗装の利点と問題点を提起したものである。

2. オーストラリアでのフルデプスおよびディープストレングス舗装の将来

フルデプスおよびディープストレングス舗装の代表例は、カンサス州 (2,400マイル), バンクーバー (200マイル 8~9 in厚), ニュージャージー州, ウッドブリッジ (135マイル, 7~9 in厚) であるが、訪問した各地において、この舗装に関して、いかなる欠陥や懸念も見い出せなかった。メルボルンでは、ディープストレングスが一般的である。またビクトリアでは、市道の改築に際して、フルデプスおよびディープストレングス舗装が、将来有望になると考えられている。

◎フルデプス舗装の主な利点

- (a) 施工期間を短縮できる。
- (b) 通常の granular pavement の半分の厚さで良いので工費を減少できる。
- (c) 路床は含水量が少なく強度が大きい。

◎フルデプス舗装の主な欠点

- (a) アスファルト合材の第一層は、弱い路床に舗設されるので、施工中ペーパーまたはトラックの軸荷重によって路床が損傷する。
- (b) ディーププリフト工法で施工する場合、ペーパーが連続作業可能な容量を持つ大型アスファルト合材プラントが必要である。

3. フルディプスアスファルト舗装の施工技術の相異点

良質路床では通常の舗装と変わらないが、軟弱路床では第1層の舗設に次の方法を用いる。

- (a) 既存の舗装上から普通トラック、底開きダンプ、箱型スプレッダ、その他でアスファルト合材を路床上面におろし、グレーダまたはドーザーで敷きならす。
- (b) 普通トラックから、ドーザーまたは箱型スプレッダに合材を投下する。

この他にフルデプスアスファルト舗装では普通の加熱混合アスファルト表層と比べ、次のような相違がある。

- (i) 最下層の厚みは、転圧中路床が損傷するのを防止するため 4 in 以上 (5~6 in が最適) にしなければならない。
- (ii) 4 in 以上のディーププリフト工法では、アスファルト混合温度を薄層の場合より 50°F 低くできる。
- (iii) 適切な締固め機械および手順を決め、最適締固め温度を決定しなければならない。締固め終了時の温度は表面下 1 in で 185°F 以上でなければならない。
- (iv) 締固めは、しきならしたアスファルト合材の中央から始め、順にエッジの方へ進む。
- (v) 初転圧は空気タイヤローラで行なう。タイヤの大きさは、少なくとも 9.00×20 in, 空気圧は 75~90 psi 必要である。4~6 in 厚のアスファルト層では 10 トン鋼製ローラで 10 パス以上、25~20 トン空気タイヤローラで 8 パス以上、21,000 lb 以上の起振力を有する振動ローラで 9 パス以上必要とする。
- (vi) 荷物を積んだトラックは路床の上を 2~3 回以上通行してはならない。路床はワーキングプラットフォームにするため、セメントや石灰で安定処理することもある。

4. アスファルト合材の配合設計

- (a) 配合設計には、マーシャル試験が広く採用されている。
- (b) 米国北部やカナダでは、表層を含めて全舗装に、最大粒径 3/4inの表層用混合物が一般に用いられる。地方道路局は最大粒径 3/8inの表層用混合物の代りに 1/2inのものをを用いるように指示している。高いPSVの骨材を使用するとサイズの大きい骨材はコストを低減し、安定性を大きくし、すべり抵抗を増大させる。
- (c) ギャップグレードの合材は、密粒度合材に比較し、締固め易い。しかしこの合材は、特に締固めのむずかしい状況のもとでは、トレンチを広げるといふ考えもあるので、ビクトリアでは密粒度アスファルト合材を用いて空隙率4～5%に締固めなければならない。
- (d) アスファルトの針入度は、85～100 が一般的であるが、重交通の道路や熱帯地域では65～70を、またカナダ北部のような寒冷地域（-30～-40°C）では150～200、300～400が表層に用いられる。
- (e) アスファルトの品質管理には、最近針入度に代って粘度試験が注目されている。
- (f) 花崗岩は重交通において摩耗する傾向があるが、砕石として一般的に用いられている。

5. 品質管理

- (a) ほとんどの国は、地方道路局を設け、プラントの試験室で現場監督または技術者が試験を行なっている。
- (b) アスファルト合材の供給には、ホットストレージまたはサージビン（普通は 100ton）が、用いられている。

(c) 外国では、ほとんどのプラントが自動化されている。

(d) 公害は、特にカナダおよび米国で重大な問題となっている。ダストの規制に合格するには 125,000～150,000 ドルの費用がかかるバグハウスだけが有効である。これは小さいプラントを放棄し、経済的な大型プラントが建設されることを意味している。

6. 施工

- (a) 舗装の仕上げは、オーストラリアに優る国はほとんどない。これはペーパーの速度が諸外国では50ft/minであるのに比べ、オーストラリアでは18～30ft/minと遅いためである。
- (b) オーストラリアで使用されているペーパーローラーは諸外国のものと類似しているが、大型の振動ローラーが注目されている。また幅の広い24ftペーパーは、現段階では12ftペーパー2台の方が融通性が大きいと好まれている。
- (c) フルデプスアスファルト舗装では、よい表面状態を得るためには、アスファルト層は少なくとも3層必要であると考えられる。
- (d) トラックは、外国では23トン積のものが普通であるが、大型トラックは、施工中の軟弱路床を損傷しやすいことに注意しなければならない。
- (e) 年間降雨量8～10inの半乾燥地帯でも、舗装および路床の排水に十分注意しなければならない。

7. 結論

ディープストレングスおよびフルデプスアスファルト舗装は、世界中の多くの場所で施工されており、1947年以来使用されているものもある。ディープリフト工法の場合には施工技術を修正する必要がある。

ドイツにおけるフルデプスアスファルト 舗装の発展 — 設計と施工 —

Full-Depth Asphalt Pavement Developments in Germany-Design and Construction

W. J. Kawohl

Mobil Oil AG in Deutschland Hamburg, Germany
Presented at the Annual Meeting Association of Asphalt Paving
Technologists, Houston, Texas, February 12-14, 1973.

海外文献抄訳・3

1. 緒言

現在のドイツにおけるアスファルト舗装は従来から使用されてきた標準設計法によって行なわれている。しかし舗装工事の増大に伴って良質の骨材が調達し難くなってきており、より少ない材料で十分な供用性を確保できる新しい舗装方法の開発が望まれてきた。

1969年に、この目的に合致する舗装方法として、ア

リカにおけるフルデプスアスファルト舗装に関する情報を入手した。その後、アメリカにおけるフルデプス第一人者の C. W. Beagle 氏が訪独し、ドイツの専門家と討議する一方、ドイツの専門家が渡米し、情報の収集と実際の舗設現場の見学などを行った結果、フルデプスに関する認識は非常に高まった。そして、ドイツにおける実施を具体化するため、ドイツの交通、土壌、気候などの条件下で標準設計との比較を行なうことになった。

図-1 夏期における垂直応力の比較

(超軽交通の場合の標準設計とフルデプス設計)

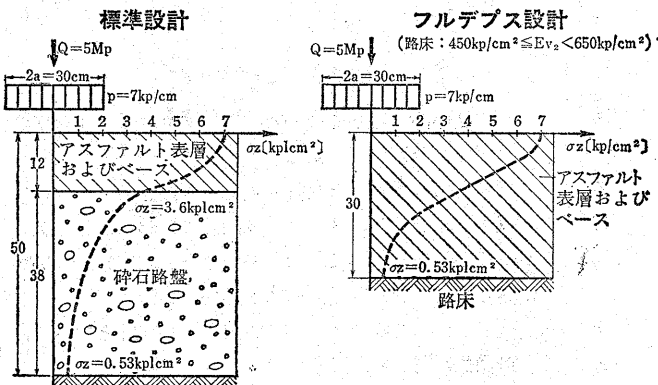
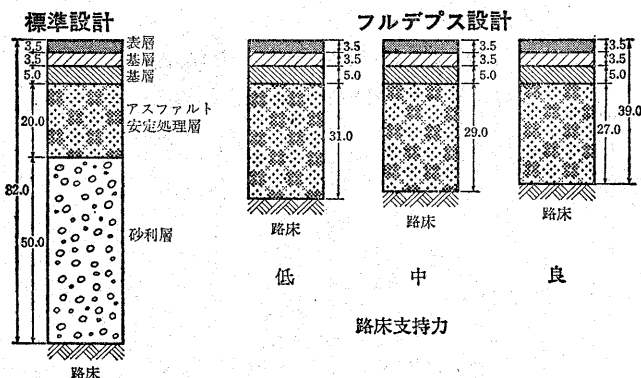


図-2 Eisenmann 氏の設計によるフルデプス設計

(超重交通の場合)



2. 理論的展開

ドイツの条件下で要求されるフルデプスアスファルト舗装の厚さは図-1 に示すように路床上の垂直荷重の限界値を標準舗装の場合と同一であると仮定して計算により求めた。

その結果、フルデプスアスファルト舗装の放射状歪は標準舗装より小さく、耐用年数の長いことが予測された。

図-2 に、理論計算で求めた設計断面を示す。

3. 試験舗装

理論的計算結果を確認するため、ミュンヘン工科大学で1970年11月、4 m × 5 m の試験舗装が実施された。試験舗装断面には温度計歪計、たわみ計などが埋設され、各種の物理性状が測定された。また、軟弱路床における凍上性を調べるため、凍上し易い粘土質が舗装体の下へ90cm入れられた。試験の結果フルデプスの方が感温性が低く、荷重支持力にすぐれ、耐用年数の長いことが推測できた。凍上現象は両工法とも同程度であったがフルデプスの方が均一に起っていたため路面の歪が少なかった。

4. 試験道路

1970年秋以後、ドイツにおける路床、交通などの条件下で科学的フルデプスアスファルト舗装設計法の開発をめざして、ドイツ土木研究所、ミュンヘン工科大学、モービルオイルドイツなどが中心となって、ドイツ全土を網羅して約30個所でフルデプスの試験舗装が行なわれている。そして、凍上現象、供用性、経済性、などを標準設計と比較する一方、埋設物の多い市街地での適合性なども検討されている。

最近になって、ドイツ道路舗装研究協会に設置されたフルデプスアスファルト舗装作業班が「試験道路におけるフルデプスアスファルト舗装の施工と評価の手引」

“Hints for the Construction and Evaluation of Full-Depth Asphalt Pavements at Test Roads”という試験舗装要領を発行した。その結果、相互比較のできる試験舗装が可能となった。

5. オートバーン

フランクフルトとケルン間約4 kmのオートバーンE-5でオートバーン最初の試験舗装が行なわれた。その概要は次のとおりである。

5. 1 設計

このオートバーン試験舗装に関する予備土壌調査とミュンヘン工科大学の理論的研究に基づく最初の設計では適当な深さまで掘削した後、路床の上に直接フルデプスアスファルト舗装をすることになっていた。しかし、古い舗装面を除去し、基礎土壌を分析したところ、ある程度の修正が必要となった。

すなわち、路床の支持力(E_2)の場所によって異なり120~920kp/cm²の範囲で変動した。標準設計では $E_2 \geq 450\text{kp/cm}^2$ であればよいが、フルデプス舗装では $650 \leq E_2 \leq 1000\text{kp/cm}^2$ であることが望まれる。したがって、最終設計はこの値を基にして行なわれた。

5. 2 舗装

支持力の低い部分については最終設計にしたがって、石灰混合処理や砂利層により支持力を上げた。さらに、施工機械類の支持がむずかしいところではセメント安定処理を行なった。

最初のアスファルト安定処理材はクレーダで敷き均しゴムタイヤローラと三軸鉄輪ローラで締固めた。以後の舗装は通常の方法でベーパーを用いて行なった。舗装工事は1971年11月4日に完了した。このフルデプスにより工期が25日も短縮でき、表層は冬になる前の天候が表層舗装に適している間に完了することができた。

5. 3 評価と試験

各種の測定器具が4個所に埋め込まれており、土壌、交通、気象状況などを測定中であり、これらの条件下でのフルデプスと標準舗装の比較評価ができるようになっている。

現在までに、水分含有量の経時変化とたわみについてフルデプスの方が小さいことが判った。

5. 4 経済性

フルデプスアスファルト舗装の経済性は関係者の最も関心のある点の一つであるが、このオートバーンの試験舗装において非常に綿密に経費および利益計算が行なわれた。その結果、コンクリート舗装に比べ20.7%、標準アスファルト舗装に比べ、19.9%それぞれ経済的であった。

6. 総括

過去2年間に数多くのフルデプスアスファルト試験道路が舗装され評価中である。

現在までに明らかとなった点はつぎのとおりである。

(i) 理論計算がフルデプス設計に使われ、実地試験がその結果を立証してきた。しかし、軟弱路床についてはさらに理論的、実用的研究が必要である。

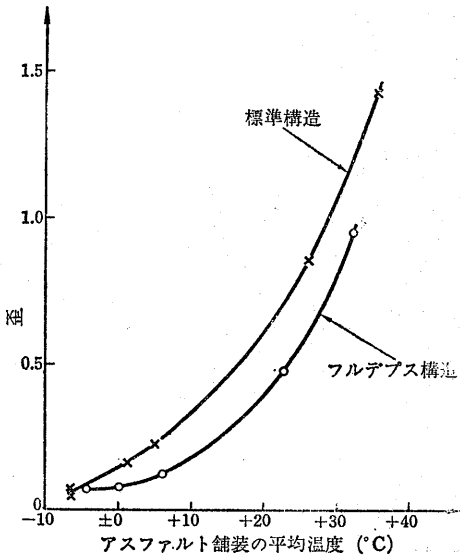
(ii) ドイツのフルデプス舗装は標準設計と比べて、その価値が認められてきた。

(iii) フルデプスは他の舗装と比べて、廉価であり、工期が短かく、利用者に多くの利益をもたらす。

(iv) 凍上が問題となる地方では絶縁層を工夫する必要がある。

(v) 表面の平坦性や密度を減さない範囲で層の数を減らす工夫が必要である。

図-3 アスファルト舗装の平均表面温度と関連した表面における歪



試験結果の一部を図-3, 4, 5, 6 に示す。

歪とたわみの測定結果から、温度の依存性が明かに観察された。そして、温度が上昇した場合、フルデプスアスファルト舗装のスティフネスすなわち荷重伝搬能力が標準設計より大きくなることが証明された。この特性によりフルデプスアスファルト舗装はより長い疲労寿命を持つことが期待される。1970/71 の冬期に測定した温度はフルデプスアスファルト舗装の方が砂利層より断熱性に優れていることを示した。凍上に関しては非常に弱い路床であり、当然起ることが予想されたが両区間においてほとんど同程度に起った。すなわち、平均すると、標準設計区間で 2.29mm 、フルデプス区間で 2.50mm であった。しかし、フルデプス区間は平均して凍上が起っているため表層の平坦性は保たれた。

ここで行なわれた諸測定は次の冬から春にかけて、オートバーン、ケルン～フランクフルトのドイツ最初のフルデプスオートバーン区間において実際の交通下で再確認されることになろう。

図-4 アスファルト舗装の平均表面温度と関連したたわみ

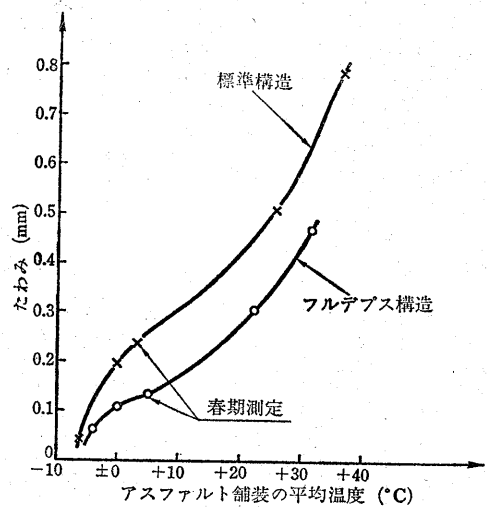


図-5 アスファルト舗装の温度との関連におけるたわみ分布

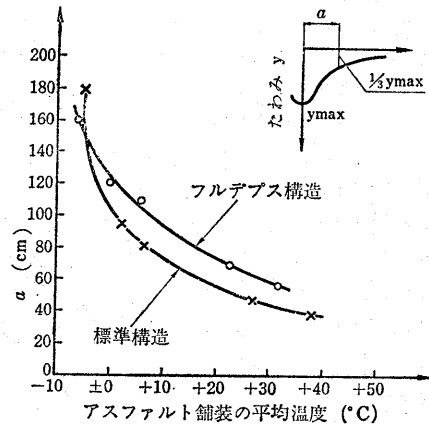
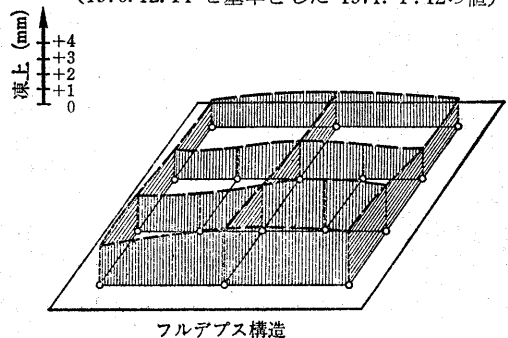


図-6 平坦性の測定結果

(1970. 12. 14 を基準とした 1971. 1. 12 の値)



厚いアスファルト層の一層仕上げによる 理論的・実際的な利点

Theoretical and Dractical Advantages of Single-Pass Construction of Thick Bitinvous Road Courses,

R. N. Varlun,

Chief of Design Bureau for Roads and Motorways-Design Institute for Transport-Ministry of Transports and Telecommunications, Bucharest, Romania

海外文献抄訳・5

概要

道路舗装における厚いアスファルト層は板としての働きを持ち、交通に対し良い挙動を示すが、これまでのフルスケールの試験（WASHO道路試験、AASHO道路試験等）により証明され、また理論的にも Jeuffroy-Bachelezの方法等々に示されている。本論文では 1965年にルーマニアで行なわれた14cmの厚さでアスファルト層を舗設した実験を報告すると同時に、舗装構造体の見地から理論的にこの種工法の利点を見出し、あわせて設計方法を提案する。

導入

アスファルト層を厚くする傾向は各国において見られるが、そのほとんどは薄く舗装したアスファルト層の積み重ねであり、ベースコースで6～10cm、表層で3～5cmの最大舗設厚が普通である。この工法は、舗設面がよごれ易い、層間の接着が悪い、混合物の冷却が早く温度降下が不均一、などの欠点がある。このことはたわみ性舗装構造物における計算仮説、すなわちアスファルト層は全厚にわたり、均一なものであるとの仮定に反していることになる。

厚いアスファルト層の一層仕上げの実施例

先に述べた欠点をなくする目的で1965年ルーマニアにおいて延長2km、幅14mにわたり層厚14cmのアスファルト層を一層仕上げで舗設し、6年間にわたり調査した。この道路は重交通で73～75%が重車輦、25～27%が軽車輦である。構造断面は図-1に示され、アスファルト混合物の配合は次のごとくであった。

砂利、砂	0～40mm	75%
チップング	15～25mm	21%
石灰、石粉		4%
アスファルト (80/120)		5%

敷き均らしは130℃～145℃で行い、転圧は120℃から開始し、ローラは12～15トンのロードローラを使用した。この実験例から次のことが判明した。

- 最終転圧時、層の中間と上部、下部の温度差は5～15℃で、最高温度は2/3の深さの点であった。
- 締め固めの温度は2.254～2.323 g/cm³で最終密度の90%はフィニッシャーにより達成されていた。
- 空隙率は3.6～5.0%であった。
- ベンケルマンビームのたわみ試験の結果も良好で5トン2輪荷重で、図-1の(a)、(b)に対して各々0.35mm、0.20mmであった。（板としての挙動が確認された。）

図-1 厚いアスファルト層（14cm）を一層仕上げで施工した実施例

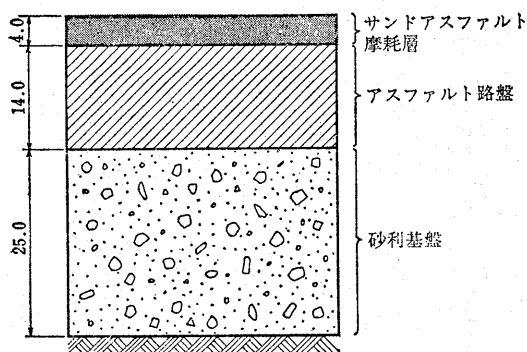


図-1(a)

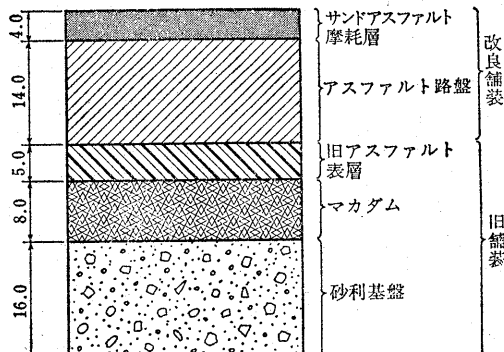
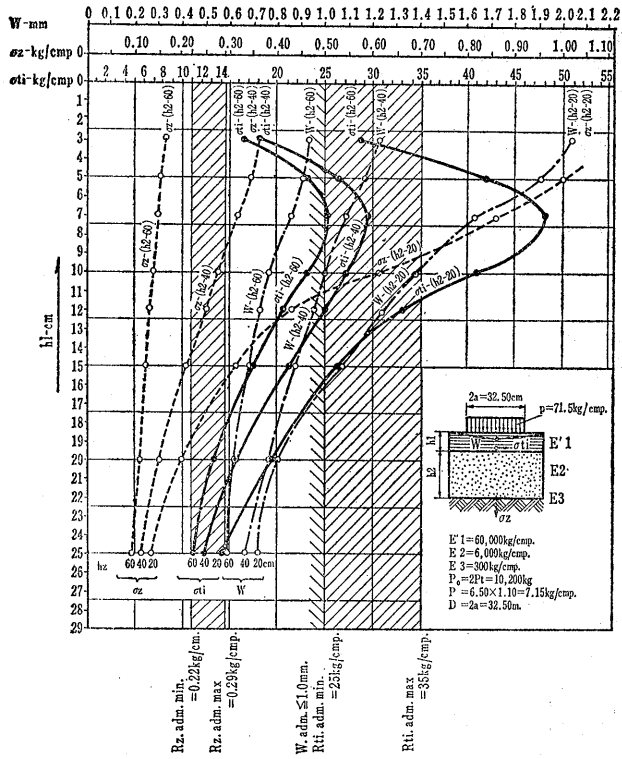


図-1(b)

図-2 ある E_1 , E_2 , E_3 に対する中間層

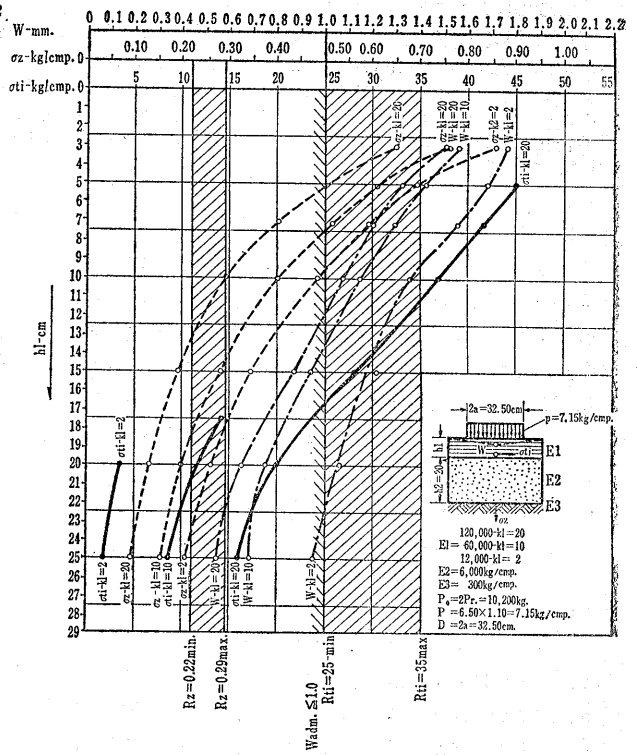
h_2 と表層 h_1 における σ_{ti} , σ_z , W の関係



(Jeuffroy-Bachelez の方法による)

図-3 ある E_2 , E_3 に対して E_1 と表層 h_1

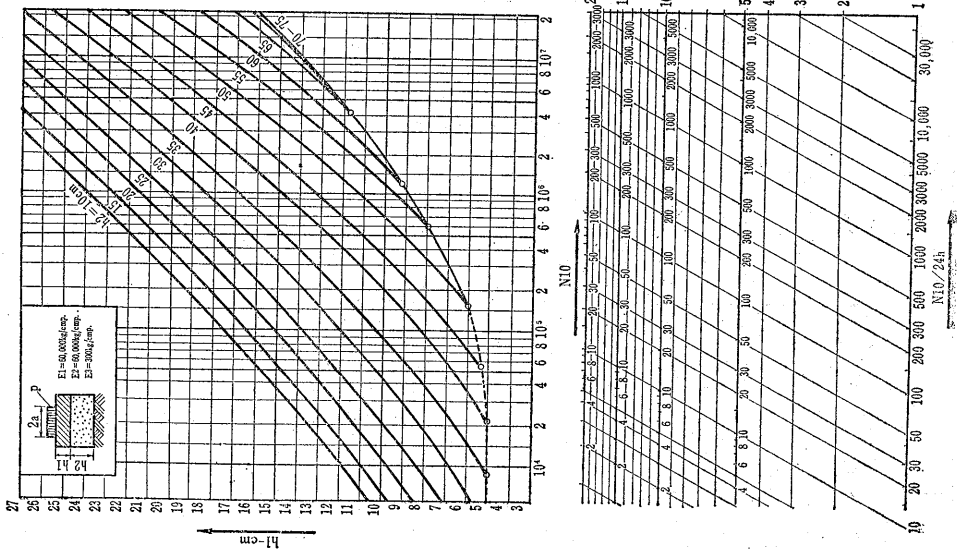
を変化させた場合の σ_{ti} , σ_z , W ($h_2=20$ cm)



(Jones-Peattie の方法による)

図-4 ある E_1 , E_2 , E_3 に対する h_1 , h_2 , 舗装寿命, 交通量の関係

(Shell method による方法)



—1層仕上げ施工は天候にほとんど影響を受けず、短時間の雨ならば 5°C 以下の温度で施工可能である。そして6年間の調査の結果、この技術は何の不安もなく採用できるものとの確信を得た。

厚いアスファルト層を持つ

たわみ性舗装の理論上の利点

舗装構造を3層と考えた場合（アスファルト層、路盤層、路床から成る）理論解析には次の要素を考える。

σ_{ti} = アスファルト層下面における引張応力

σ_z = 路床面における垂直圧縮応力

W = 舗装表面における弾性変位

このように考えた時、表層を板としたJeuffroy-Bachelezの解析、三層構造を弾性体と考えた Jones-Peatieの解析があるが、筆者は 図—2、図—3 に示すグラフを作製した。

図—2、図—3 より次のことがいえる。

- 表層アスファルト層厚 (h_1) は原則として10cm以上であることが必要で、7 cm以下であってはならない。
- 表層アスファルト層に過度な応力集中が起こると、混合物の破壊強度以上の引張応力が生じ、同時に σ_z , W も許容値以上になってしまう。
- h_1 と h_2 の適当な組合せを考えることによって σ_{ti} , σ_z , W を許容値内におさめる構造を合理的に求めることができる。 σ_{ti} , σ_z , W の許容幅は Jeuffroy-

Bachelezの研究によるものを用い、 $R_{tiadm}(\sigma_{ti}) = 25 \sim 35 \text{ kg/cm}^2$, $R_{zadm}(\sigma_z) = 0.22 \sim 0.29 \text{ kg/cm}^2$, $W_{adm}(W) = 1.00 \text{ mm}$ とした。

— σ_{ti} , σ_z , W を減少させるために、 h_1 を厚くすることは h_2 を3倍か、4倍厚くすることと同じ意味を持ち利点が多い。

以上の結果からアスファルト層を厚くすることによって舗装の寿命をのばすことができ、図—4 に示すグラフを作製した。

この図は Shell-Method により計算されたもので、軸重として10トンを採用している。

— h_2 を一定に考えた時、 h_1 を厚くすると道路寿命の延びが顕著で、10トン軸重のくり返し回数も著しく増大する。すなわち h_1 を5 cm厚くするだけで、道路寿命および交通量は3～5倍になり、8～10cm厚くすると10倍になることがわかる。

図—4を用いて図—1 (a) の構造を解析してみると10トン軸重が 4.8×10^5 くり返し通過することが可能で、88台/24hの10トン軸重が15年以上も走れることになる。

結 論

厚いアスファルト層を持つ舗装構造物を近代化された機械を用いて建設することが望ましく、アスファルト層を一層仕上げで施工することは実際的にも理論的にも大きな利点がある。

~~~~~ 外国文献抄訳の執筆スタッフ ~~~~~

|         |                  |
|---------|------------------|
| 牛 尾 俊 介 | シェル石油 (株) 土木建設部  |
| 古 田 毅   | 三菱石油 (株) 研究所     |
| 堀 尾 哲一郎 | 丸善石油 (株) 商品研究所   |
| 増 永 緑   | 日本石油 (株) 中央技術研究所 |

(以上、フルデプス分科会委員 50音順)

# フルデプスによる空港舗装の設計

## Design of Full-Depth Asphalt Airfield Pavements

M. W. Witczak,

Staff Engineer, The Asphalt Institute, College Park, Maryland

海外文献抄訳・6

### 概要

この設計方法は多層系弾性理論にもとづくもので、路床のくり返し永久変形、せん断破壊に対する限界歪とくり返し荷重に対するアスファルト層のクラックの発生に対する限界歪の概念を用いている。そしてこれらの破壊現象について許容歪レベルの設定がなされている。

路床における限界垂直歪が1,460マイクロインチ/インチとすると、100,000psiの最大弾性係数をもつアスファルト層がある場合1,000,000回のくり返し歪に耐えることができる。またアスファルト層の許容引張歪が76マイクロインチ/インチの時、アスファルト層の弾性係数が1,450,000psiだとすると1,000,000回のくり返し荷重に耐えることができる。環境条件としての温度による影響も月累積ダメージ手法 (monthly Cumulative damage Technique) を用いた厚み調整係数で考慮されており、75°Fにおける基本設計でフルデプスアスファルト層厚を求めて実際の温度条件によりその層厚を増減する。

### 導入

空港舗装の設計技術は航空機の諸元と発着頻度の急激な変化にともない著しく変ってきている。なかでも多層

系弾性または粘弾性解析をコンピューターにより行なったシステムのアプローチが盛んである。このシステム解析の基本になるものは、くり返し変位に対する路床の歪、クラック破壊に対するアスファルト層の歪レベルの解析であり、この考え方はそのままフルデプス舗装に適用できる。特に筆者の意見として強調したいことはフルデプス舗装はたわみ性舗装でも剛性舗装でもなく、その両方を含み備えたもので環境条件としての温度条件におけるアスファルト層のスティフネスと厚さが適当なものであれば良いという考え方である。

### アスファルトコンクリートのスティフネスと温度の関係

温度、荷重のくり返し回数とアスファルトコンクリートのスティフネスの関係は重要である。この時アスファルトコンクリートのスティフネスは使用混合物に依存しくり返し回数は航空機の種類、諸元、場所、速度、舗装構造等に依存するが、本解析では、便宜上混合物は表-1に示されるものを用い、くり返し回数として速度10~20mphのものが2cbsの頻度でかかるものとする。この場合、アスファルトコンクリートの弾性係数と温度の関係は図-1のようであった。

表-1 本研究に使われたアスファルト混合物の性状

| 性 状                            | 平均値   | 幅           | 性 状      | 平均値    | 幅             |
|--------------------------------|-------|-------------|----------|--------|---------------|
| アスファルト量                        | 5.22  | 4.0~6.2     | アスファルト吸収 | 0.71   | 0.23~0.78     |
| 針 入 度                          | 73.6  | 57~90       | マーシャル試験  |        |               |
| 粘 度                            |       |             | 空 隙 率    | 4.51   | 1.3~7.0       |
| 60°F (10 <sup>6</sup> poises)  | 10.97 | 5.25~10.1   | 安 定 度    |        |               |
| 140°F (10 <sup>3</sup> poises) | 2.47  | 1.22~2.84   | 40°F     | 25,817 | 22,183~32,380 |
| 骨 材 比 重                        |       |             | 70°F     | 9,403  | 7,402~13,880  |
| サ                              |       |             | 100°F    | 3,695  | 2,360~4,806   |
| 粗 骨 材                          | 2.70  | 2.593~3.166 | Flow     |        |               |
| 細 骨 材                          | 2.64  | 2.581~2.654 | 40°F     | 16.3   | 12~20         |
| 見 か け                          |       |             | 70°F     | 17.4   | 14~24         |
| 粗 骨 材                          | 2.77  | 2.646~3.202 | 100°F    | 14.2   | 11~17         |
| 細 骨 材                          | 2.70  | 2.646~2.781 |          |        |               |
| No. 200フルイ通過 %                 | 4.73  | 3.0~5.2     |          |        |               |

図-1 アスファルトコンクリートの弾性係数と温度の関係

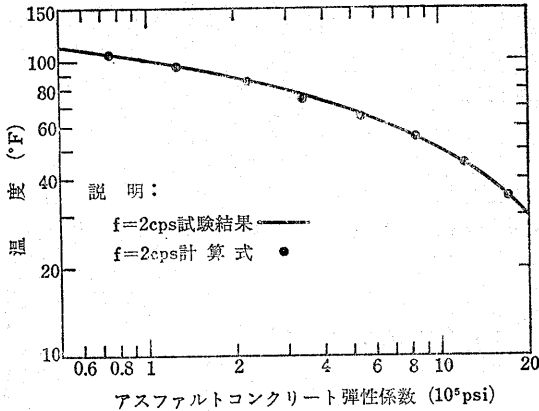


表-2 DC-8-63Fに対する路床の許容歪\*

| くり返し回数  | 最大垂直路床歪 |       |       |       |
|---------|---------|-------|-------|-------|
|         | CBR=3   | 5     | 10    | Avg.  |
| 55      | 2,400   | 2,400 | 2,550 | 2,450 |
| 550     | 1,800   | 1,800 | 1,800 | 1,800 |
| 5,500   | 1,550   | 1,550 | 1,530 | 1,547 |
| 55,005  | 1,450   | 1,450 | 1,390 | 1,437 |
| 550,000 | 1,410   | 1,410 | 1,360 | 1,407 |

\* $h_1=5.0'$   $E_1=200,000\text{psi}$

#### 温度解析

前述のとおり、本設計では温度による厚さ調整係数を求めているが、これは月累積ダメージ手法を用いることによって成功している。この解析の基本原理解は、平均月空気中温度(MMAT)とアスファルト層厚 $h_1$ における平均月舗装温度(MMPT)の関係とある深さにおける平均月舗装温度の標準偏差と平均舗装温度の関係から成り立っている(詳しくは原文参照)。MMPTとMMATは $h_1$ に関係なく直線関係にあり(式1)、定数はすべての代表的な空港舗装のフルデプスに適用される。

$$(\text{MMPT}) = 1.05 (\text{MMAT}) + 5 \quad (\text{式1})$$

#### 垂直歪の基準値の設定

フルデプス舗装構造における路床土の過度なくり返し沈下、せん断変形は許容路床歪に関連する。許容路床歪に関連する研究は、AASHTO道路試験にもとづくシェールグループのものがあるが、Corps of Engineerが空港舗装の厚み設計に応用し、U.S.A.C.E.による多輪重脚荷重の航空機に対する試験舗装が行われた。その結果、従来の設計法によるものに比して許容歪は大きく取

図-2 各地の環境条件を考慮に入れたアスファルトコンクリートの弾性係数とフルデプス要求厚さ

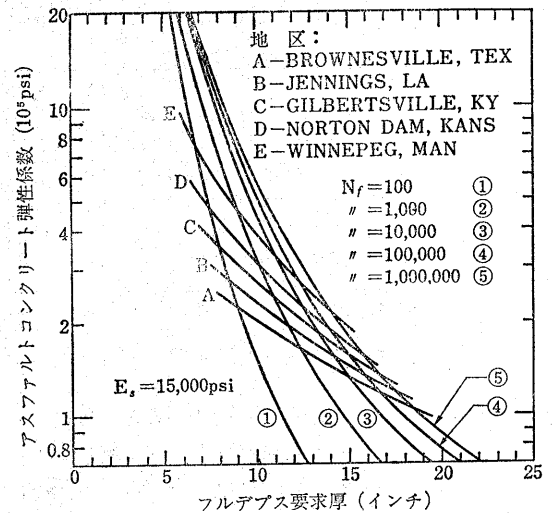
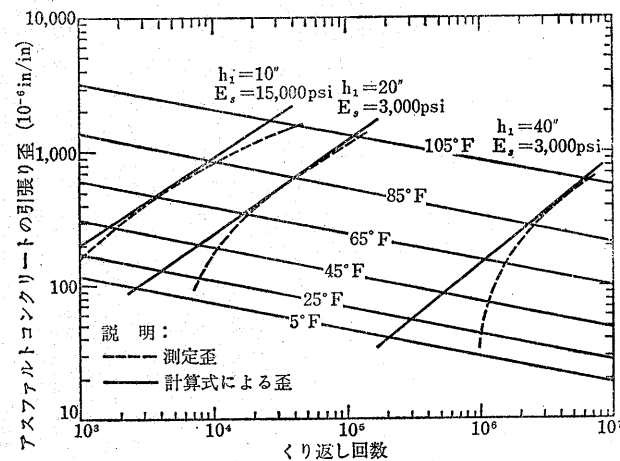


図-3 DC-8-63Fに対する許容引張歪とフルデプス構造



ることができ、また路床の設計歪に関連してアスファルト層の厚さも減少することができたことがわかった。表-2はDC-8-63Fについてのくり返し回数と路床の許容歪を示したものである。計算にはShell BISTROコンピュータプログラムが用いられ、アスファルト層と路盤層のポアソン比は各々0.40と0.45とし路床の弾性係数は1,500CBRと仮定している。また路盤と路床の弾性係数の比はCBR=3, 5, 10に対して各々2.9, 2.3, 1.8としている。

限界歪の選定にあたっては累積ダメージ理論(Cumu-

表-3 許容垂直歪と許容引張歪のまとめ

| 基 準 値                   | Nf        | $e_{all}^*$ | $E_1$     | $V_1$ | $V_2$ | 厚 さ 係 数 |            |
|-------------------------|-----------|-------------|-----------|-------|-------|---------|------------|
|                         |           |             |           |       |       | 温 度**   | $T_F$      |
| 垂 直 歪<br>(路 床)          | 100       | 2,600       | 100,000   | 0.40  | 0.45  | 57°F    | 1.00 (max) |
|                         | 1,000     | 1,920       |           |       |       | 50°F    | .90 (min)  |
|                         | 10,000    | 1,680       |           |       |       |         |            |
|                         | 100,000   | 1,520       |           |       |       |         |            |
|                         | 1,000,000 | 1,460       |           |       |       |         |            |
| 引 張 歪<br>(アスファルトコンクリート) | 100       | 420         | 1,450,000 | 0.40  | 0.45  | 40°F    | 1.00 (max) |
|                         | 1,000     | 260         |           |       |       | 60°F    | .866(min)  |
|                         | 10,000    | 165         |           |       |       |         |            |
|                         | 100,000   | 205         |           |       |       |         |            |
|                         | 1,000,000 | 76          |           |       |       |         |            |

\*歪はマイクロインチ/インチ

\*\*平均年空中温度

lative damage theory) が用いられ、設定された限界歪に対する要求アスファルト層厚とアスファルト層の弾性係数の関係は、アメリカとカナダの色々な地区の条件を考慮に入れて図-2 のとおり求められた。

路床の許容歪に関連したアスファルト層の厚さ調整係数は、アスファルト層の弾性係数を100,000psiの時、くり返し回数 $10^6$ に対して100%とすると $10^5, 10^4, 10^3, 10^2$ の各々のくり返し回数に対して各々95%, 85%, 70%, 50%となる。また年間平均温度が高い所を1.0とすれば、寒い所では更に上記係数の0.90が厚さ調整係数となる。

#### 引張歪の基準値 (限界引張歪)

フルデプス舗装のクラックはアスファルト層の下面の引張歪に起因することが、これまでの研究により確認され、許容引張歪が提案されている (Ringham等)。理論的な引張歪の計算には Shell BISTRO コンピュータープログラムがあるが、近似式として次の式を提案する。

$$eR = \frac{M_0}{h_1 A_1 E_1 A_2 E_2 A_3} \quad (\text{式-2})$$

ここに  $M_0 = 1,086 \times 10^3$

$A_1 = 1.19967$

$A_2 = 0.668662$

$A_3 = 0.320867$

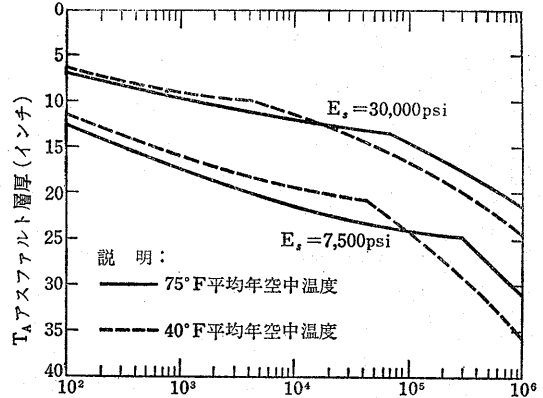
$h_1$  = フルデプス層

$E_1$  = アスファルト層弾性係数

$E_2$  = 路床の弾性係数

図-3 はRingham の許容引張歪に式-2 を用いて計

図-4 DC-8-63Fに対する代表設計図



算したDC-8-63Fのくり返し回数とフルデプス構造の例を相関させたものである。

アスファルト層の許容引張歪に関する温度による厚さ調整係数は40°Fが基準となり、この基本設計を1.0とすれば40°Fより暑い所では0.87まで層厚を減少させることができる。

#### まとめ

これまで述べてきたフルデプスの垂直歪と引張歪に関する結果をまとめると図-3 のとおりとなる。又DC-8-63Fに対する代表的な設計曲線を例示すれば図-4 のとおりである。

## アスファルトに関する懸賞論文の募集

本協会は、アスファルトの製造・品質・利用等の技術の進歩改善に寄与することを目的として、本年度からアスファルトに関する論文を懸賞募集し、これを広く一般に発表することを計画いたしました。奮ってご応募下さいますようお願い申し上げます。

なお入選論文に対しましては、賞状（日本アスファルト協会論文賞）、賞牌、副賞を贈呈します。

### 募 集 要 領

#### 1. 昭和48年度・研究論文主題

「アスファルトの道路技術への適用に関する研究」

（註）既発表、未発表を問わない。

#### 2. 原 稿 枚 数

本文 400字詰 30枚以内（表・図などの添付資料は枚数外）

#### 3. 応 募 締 切 日

昭和49年1月31日

#### 4. 送 り 先

（社）日本アスファルト協会懸賞論文係

#### 5. 賞

1等 1名 賞状、賞牌、副賞6万円

2等 1名 賞状、副賞3万円

佳作 若干名 賞状、副賞 1件 2万円

（註）入選しなかった論文は返戻いたします。

#### 6. 発 表

本協会「アスファルト」誌その他

#### 7. 論 文 選 考 委 員 (50音順)

|       |         |                         |
|-------|---------|-------------------------|
| 委員長   | 谷 藤 正 三 | 本会名誉会長                  |
| 委員    | 多 田 宏 行 | 建設省道路局道路経済調査室長          |
| "     | 南 雲 貞 夫 | 建設省土木研究所舗装研究室長          |
| "     | 根 岸 正 男 | 通商産業省資源エネルギー庁石油部 精製流通課長 |
| <hr/> |         |                         |
| "     | 金 山 哲 三 | 本会企画委員長                 |
| "     | 吉 村 和 美 | 本会需要開発委員長               |

### 社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区芝西久保明舟町12番地

和孝第10ビル

電 話 東 京 03 (501) 3956

（論文規定の細目は本号53ページを参照のこと）

## フルデプスアスファルト舗装に関する文献

### — 国内の部 —

#### アスファルト (日本アスファルト協会)

1. 1 各国のディープ・ストレングスハイウェイ, 第50号 (昭和41年6月) P. 2
1. 2 舗装におけるアスファルトの将来——主としてフルデプス・アスファルト舗装について, 第57号 (昭和42年8月) P. 20
1. 3 「フルデプス」へのすすめ, 第58号 (昭和42年10月) P. 19
1. 4 カンサスのフルデプスアスファルト舗装, 第62号 (昭和43年6月) P. 26
1. 5 A. I. の等値換算厚の研究方針, 第62号 (昭和43年6月) P. 28
1. 6 The Swing to Full-Depth —— 直接, 路床上にアスファルト混合物を舗設する, 第67号 (昭和44年4月) P. 4
1. 7 フルデプス舗装の歴史をたずねて——カリフォルニアの道路めぐり, 第70号 (昭和44年12月) P. 11
1. 8 カナダのフルデプス試験舗装, 第75号 (昭和45年9月) P. 11
1. 9 カンサスのフルデプス州際道路, 第76号 (昭和45年12月) P. 20
1. 10 アスファルト舗装厚設計法の進歩, 第77号 (昭和46年1月) P. 2
1. 11 駐車場, サービス・ステーション, ドライブウェイ (アメリカ), 新フランス有料道路のフルデプス (フランス), アウトバーン最初のフルデプス (ドイツ), 第87号 (昭和47年10月) P. 32
1. 12 フルデプス・アスファルトで救済処置, 第88号 (昭和47年12月) P. 20

#### 第10回日本道路会議論文集 (日本道路協会)

2. 1 シックリフト工法によるフルデプス舗装の施工, 倉橋稔他1名 (日本道路公団名古屋) P. 191
2. 2 フルデプス舗装におけるシックリフト工法の試験施工, 酒井理治他2名 (東京都第4建設事務所) P. 193

2. 3 安定処理合材のシックリフト施工例, 金野正利他3名 (福奈川県土木部) P. 195
2. 4 シックリフト工法について, 秋山正敬他4名 (道路舗装技術研究会) P. 197

#### 舗装 (建設図書)

3. 1 フルデプス舗装とシックリフト工法, 大槻威二 (東亜道路), 第5巻, 4月号 (1970) P. 19
3. 2 フルデプス舗装の厚さ設計, 三浦裕二 (日本大学), 第6巻, 7月号 (1971) P. 12
3. 3 シックリフト工法によるフルデプス試験舗装 岡田良男 (東京都), 第6巻 7月 (1971) P. 17
3. 4 シックリフト工法, 金野正利 (福奈川県), 第6巻 7月号 (1971) P. 23
3. 5 シックリフト工法の試験, 赤井一昭 (大阪府道路作業事務所), 第8巻 4月号 (1973) P. 22
3. 6 フルデプス舗装——市街地における一例, 彦山恒明他1名 (静岡県), 第8巻, 6月号 (1973) P. 23
3. 7 農道舗装の一例, 二木秋雄他1名 (長野県), 第8巻, 7月号 (1973) P. 30

#### その他

4. 1 フルデプス舗装の厚み設計——道路と市街地のためのフルデプス・アスファルト舗装, 日本アスファルト協会 (1973. 5)
4. 2 最新アスファルト——農道舗装設計法, 中島保治, 土地改良新聞社 (1973. 2)
4. 3 フルデプス舗装の発展——構造設計と舗装, モービル石油 (株), P. M—S—8 (1973. 8)
4. 4 フルデプスアスファルト試験舗装の舗設と観察に関する提案, モービル石油 (株), P. M—S—10 (1973. 8)

— 国 外 の 部 —

フルデプス・アスファルト舗装に関するもの

5. 1 “Stage Construction with Asphalt Pavement a way to stretch road Construction dollars when funds are scarce”, IS-108 (March, 1967), The Asphalt Institute
5. 2 “How to design Full-Depth Asphalt Pavement for streets”, IS-96(August, 1967), The Asphalt Institute
5. 3 “The Swing to Full-Depth The Case for Laying Asphalt on the Raw Subgrade” (by W.L. Hindermann), IS-146(June, 1968), The Asphalt Institute.
5. 4 “A Construction Project Incorporating Full-Depth Asphaltic Concrete”, B. Kathol, Department of Highways Province of Alberta October, 1968.
5. 5 “Full-Depth Asphalt Beefs up Michigan Airfield”, IS-150 (February, 1969), The Asphalt Institute.
5. 6 “Full-Depth Asphalt Pavements for Parking Lots, Service Stations and Driveways”, IS-91 (March, 1970), The Asphalt Institute.
5. 7 “Fahrbahnbefestigungen mit Asphalt-oberbau” (フルデプス工法による道路試験), Urban, Straße und Autobahn, 5/70
5. 8 “Thickness Design-Full-Depth Asphalt Pavement Structures for Highways and Streets”, MS-1 (August, 1970), The Asphalt Institute.
5. 9 “Vier Jahre Erfahrungen auf der Versuchsstrecke Brampton” (Brampton 道路における4年間の実用試験), Phang/Urban, Bitumen, Teere, Asphalt, Peche, 12/70.
5. 10 “Asphalt-oberbau-Erfahrungen in den U.S.A sowie erste Erfahrungen in Deutschland” (米国におけるフルデプス試験舗装とドイツにおける初の試験舗装), Kawohl, Das stationäre Mischwerk 2/71.
5. 11 “Versuche und erste Erfahrungen mit Asphalt-oberbau in Ausland” (諸外国におけるフルデプスアスファルト舗装の実験と初の試験), Dipl. Ing. R. Urban, (Hamburg), Das Stationäre Mischwerk 3/71 pp.123-130.
5. 12 “Full-Depth Asphalt Concrete Pavement Construction” by Vaughn Marker (Division Managing Engineer, Pacific Coast Division, The Asphalt Institute), 6th Annual Nebada Street and Highway Conference. April 7, (1971).
5. 13 “Zur Bemessung von Asphalt-oberbau” (フルデプス舗装の設計に関して), Urban, Bitumen, 7/71.
5. 14 “Gedanken zum Asphalt-oberbau” (フルデプスに関する考察), Nakkel, Bitumen 8/71.
5. 15 “Grundlagen und Anwendung des Asphalt-oberbau” (フルデプス舗装の基礎と応用), Bam3, Bitumen, 8/71.
5. 16 “Asphalt-oberbau Ohne Frostschuttschicht (凍上防止層を伴わないフルデプスアスファルト舗装), Von. Dipl. Ing. Peter Siedek, Bitumen, Teere, Asphalt. Peche 22, (9), 341-343 (1971).
5. 17 “Asphalt-oberbau-Versuchsstrecke auf der Staats-Straße 4” (フルデプスアスファルト舗装—国道4号の試験区間), U. Petrossi (ESSO), Not, Fed, Ital. Str. 20, (11/12) 15-17 (1971)

5. 18 "Asphaltoberbau auf einer Autobahn in Hessen" (Hessen における高速道路のフルデプス舗装), Heyde, Straße und Autobahn 12/71.
5. 19 "Der Asphaltoberbau in den Richtlinien für die Bemessung und Herstellung von flexiblen Fahrbahnbefestigungen in der Schweiz, Frankreich und Dänemark" (スイス, フランス, デンマークのたわみ性舗装設計と施工指針におけるフルデプスアスファルト舗装), Oberbaudirektor G. Manß, Bayreuth und Dipl.-Ing. H. Proksch, München, Bitumen, 34, (1), 1—7(1972).
5. 20 "Full-Depth-Bauweise oder Asphaltoberbau aus der Sicht des Unternehmers" (請負者の観点からのフルデプスアスファルト舗装), G. von der Wetten, Stat. Mischwerk 6, (1) 15—17 (1972).
5. 21 "Problem des Asphaltoberbau" (フルデプス舗装の問題点), Eisenmann Und Leykauf, Bitumen, Teere, Asphalt, Pech. 3/72.
5. 22 "Building industrial Parking lots with Full-Depth Asphalt Pavement", IS—158 (April, 1972), The Asphalt Institute.
5. 23 "Full-Depth Asphalt to the rescue", IS—157 (April, 1972) The Asphalt Institute.
5. 24 "Design of Full-Depth Asphalt Airfield Pavements", RR—72—2 (April, 1972) The Asphalt Institute.
5. 25 "Versuchs—und Erprobungsstrecken mit Asphalt oberbau in der Bundesrepublik Deutschland" (西ドイツにおけるフルデプスアスファルト舗装の試験), Bitumen, (8), 254—255 (1972).
5. 26 "Hinweise für die Herstellung und Beobachtung von Fahrbahnbefestigungen mit Asphaltoberbau" (フルデプスアスファルト舗装の試験舗装箇所の建設と観察に関するヒント), Oberbaudirektor G. Manß, Bayreuth, Bitumen, (8), 232—235 (1972).
5. 27 "Hinweise für der Herstellung und Beobachtung von Fahrbahnbefestigungen mit Asphaltber auf Erprobungsstrecken" (フルデプスアスファルト舗装の試験舗装箇所の建設と観察に対するヒント), Prof. Dr.-Ing. E. h. A. Bohringer.
5. 28 "Design of Full-Depth Asphalt Airfield Pavements", M. W. Witzak (Staff Engineer, The Asphalt Institute, College Park Maryland), 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Session III, 550—567(1972).
5. 29 "Structural Design of Full-Depth Asphalt-Pavments and Field test in comparison with German Standardized Asphalt Pavements", G. Leykauf and W. J. Kawohl, Third International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements Vol 1, 1972, pp 1049—1060.
5. 30 "Wirtschaftliche Lösung für frostsicheren Asphaltoberbau,, (耐凍上性フルデプスアスファルト舗装の経済性), Ing. Dr. Karel, Kucera (Entwicklungsinstitut für Strassenwesen, Brno, C. S. S. R.) Brno, 14. Dezember, 1972.
5. 31 "Asphaltoberbau Entwicklungsstand und derzeitige Anwendungsmöglichkeiten in der Bundesrepublik"(フルデプスアスファルト舗装—その発展過程と現在の適用の可能性について), Dipl.-Ing. Rolf Urban, Hamburg, Strassenbau-Technik, (4), 25—27 (1972).
5. 32 "Sulla S. S. Salaria con il tuttasfalts", Unione Prtrolefero Gruppo Bitumi, Roma Giugno 1972).
5. 33 "Erfahrungen mit der Anwendung bitminös gebundener Stabilisierungsschichten auf gleichkörnigen Sanden" (等粒度砂のアスファルト安定層への応用試験). Jahnke, Fricke und Reinhardt,

5. 34 "über der Wirtschaftlichkeit des Asphaltoberbau;; (フルデプス舗装の経済性について), Gragger.
5. 35 "Full-Depth Asphlt Pavements for Ger-nal Aviation", IS-154 (January, 1973) The Asphalt Institute.
5. 36 "Full-Depth Asphalt Pavments", for Air Carrier Airports MS-11, (January, 1973) The Asphalt Institute.
5. 37 "Full-Depth Asphalt Pavement Deve-lopments in Germany-Design and Construction" by Werner J. Kawohl (Mobil Oil AG in Deutschland), The Annual Meeting A. A. P. T. Houston, Texas, February, 12-14 (1973)
5. 38 "Die Anwendung des Asphaltobertaues" (フルデプスアスファルト舗装の使用), Von Ltd. Direktor und Professon E. Makkel, Köln, Strasse und Auto-bahn 24, (2), 53-62 (1973).
5. 39 "Construction of Ful-Depth and Deep Strength Asphalt Pavements", John D. Betune, (M.I.E. Aust. Assistant Materials Research Engineer, Country Roads Board of Victoria), 2nd National Asphalt Conference Melbourne, Australia, April, 1973.
5. 40 The Asphalt Instituteの "Quartary" "News letter" に多数記載されている。
6. 3 "Single Lift Construction with Hot Plant mix Stabilized Base", HRB Committee MC-A7, January 17, 1966.
6. 4 "Compaction of Deep Lift Bituminous Stabilized Base", Charles W. Beagle A. A. P. T. Annual meeting, February 14-16 (1966).
6. 5 "Asphalt Pavement Temperatures", B. F. Kallas (Research Engineer, The Asphalt Institute), 1966 Annual Meeting of the Highway Research Board, Washington, D. C.
6. 6 "Cold Weather Paving Temperature density", Charles W Beagle, The Annual meeting of the Associ-ation of Asphalt Paving Technalogsits (February 10-13, 1969).
6. 7 "Design of Emulsified Asphalt-Treated Base Courses" W. J. Kari (Chevron Asphalt Compa-ny) 1st Conference on Asphalt Pavements for South Africa, July 1969, Durban South Africa.
6. 8 "In Perspective, Decade of Progress in Asphalt Industry", Charles R. Foster (NAPA) Roads & Streets (August, 1969)
6. 9 "Theoretical and Pracitical Advantages of Single-Pass Construction of Thick Bituminous Road Courses", R. N. Vorlen, 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pave-ments, Session VI, pp. 1093-1101 (1972).

#### ディープリフトに関するもの

6. 1 "Stablized Base for municipal Street Construction "Provides" more Stre-ngth, Lower Cost, Construction Speed", Charles W. Beagle, Township Engi-neer, Township of Woodbrige, Nove-mber, 1963.
6. 2 "Placing and Compacting Thick Lifts of Hot-mix Asphalt Pavements", Information Series 21, National Asphalt Pavement Association 6715 Kenilworth Avenue Riverdale, Maryland.

## 第 2 回 アスファルトの製法と組成

阿 部 頼 政\*

### 1. はじめに

前回でアスファルトおよびアスファルト舗装の概要を述べた。今回からは、アスファルトの基本的性状について考察していくことにする。

アスファルト舗装に交通荷重がかかったとき(図-1)表層および基層を構成するアスファルト混合物は、この荷重を分散させて、路盤に伝える役割を果たすと同時に、それ自身、この荷重に耐えるだけの安定性を持たなければならない。そして、安定性を保証するものは、この場合アスファルトと骨材であることは言うまでもなからう。図-2 に混合物の状態を模型的に示した。外力に抵抗するものとしては、骨材のかみ合わせ、骨材間の摩擦、結合材(アスファルト)の粘着力等がまず考えられる。実際には骨材とアスファルトが単独に荷重を受け持つのではなく、相互に影響しあいながら外力に抵抗するわけであるが、この辺の詳細は混合物の項で考察することにして、ここでは結合材としてのアスファルトに着目しよう。

粒状材料(路盤)とアスファルト混合物(表層・基層)の相違はいうまでもなく、このアスファルトの存在にある。アスファルトの役割は主として、骨材を被覆し、骨材間の分離を防ぐことにある。従って、外力により、骨材が移動しようとするれば、アスファルトも当然それに抵抗することになる。特に骨材が抵抗能力のないような力(引張力等)に対しては、アスファルトの強さが全体の強さを支配する。ところが、このアスファルトは、前回考察したように、高温では流体のようになり、低温では固体状を示すようなきわめて複雑な材料特性を持つ。また、外力の種類によっても異った挙動を示す。従ってアスファルト混合物、ひいてはアスファルト舗装を考える場合、このアスファルトの性状を詳しく知ることが、まず最初のステップになる。今回はその手はじめとして、アスファルトの製法、組成等を一覧しておこう。

図-1 アスファルト舗装

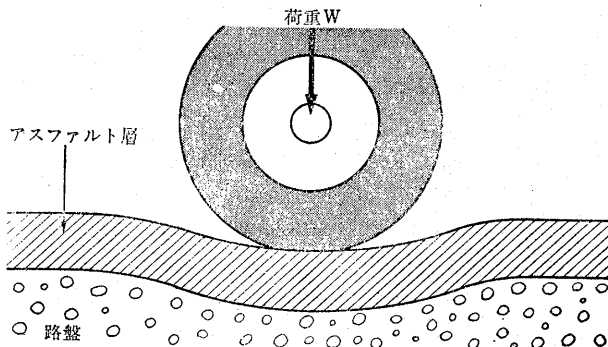
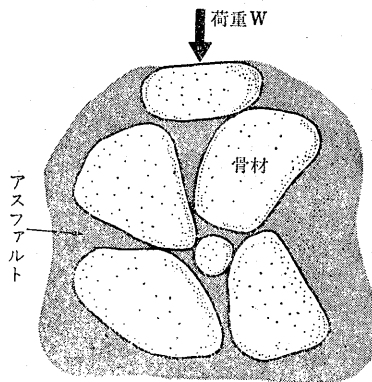


図-2 アスファルト混合物



### 2. アスファルトの製法

石油は古代の動植物が地層の中で、バクテリアや、地熱、圧力等の作用で長年月の間に分解して作られたものとされている。したがって、産出場所により化学組成や物理的性状に差があることは当然であろう。

石油から製造されるアスファルトは、この原油の相違の他に、さらに製造工程も各メーカーによって異なる点があると思われるから、同じアスファルトという名状でもその内容は千差万別であるといつてよい。舗装用としてアスファルトを使う場合には、このように色々の種類があつては、設計や施工に不便なため、また、耐久性の点からみて望ましい品質も過去の経験からある程度わかっているのので、「舗装用石油アスファルトの規格」と

\* 日本大学理工学部 講師

してある範囲に規定しているのである（図一1）。これらの各項目については後に述べるが、舗装用のアスファルトは、この規格の範囲に入っているだけであり、本質的には、一つ一つが異なる性質を持っているということを、道路技術者としては理解しておく必要がある。またこの規格は絶対的なものではなく、今後の経験と研究により、少しずつ改良されていくべき性質のものであろうと思われる。

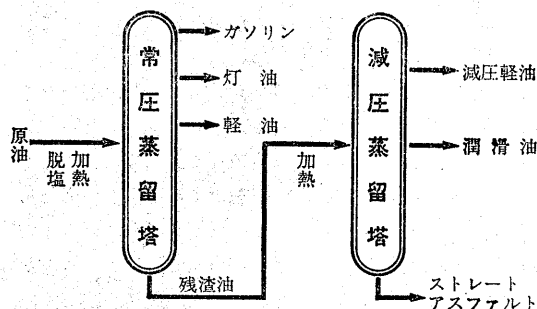
以上のような、できあがったアスファルトの品質は、道路技術者にとっても重要な問題であるが、その製造工程、化学的な組成等は、いわば二次的な問題であるため興味も薄いと思われるので、ここでは、簡単に紹介することにする。

アスファルトは一言でいえば石油の残渣である。アスファルトの製法といっても、アスファルトを製造するのが目的ではなく、種々の石油製品を作る場合の副産物としてアスファルトができるわけである。その製造方法は色々あるが、現在わが国で舗装用として市販されているアスファルトは、蒸留法によってできたものが大半を占めるので、この製造工程について簡単に述べよう。

図一3に蒸留法の工程図を示した。まず原油を脱塩した後、常圧加熱炉で加熱し、常圧蒸留塔に送る。ここでは比較的低い沸点を持つガソリン、灯油、軽油が分離される。

次に、塔の底部にたまった高沸点の残留油をさらに加熱した後、減圧蒸留塔に送る。ここで、減圧しているのは、蒸留温度をあまり高めると残留油の成分が化学的に変化してしまうので、温度を上げるかわりに圧力をさげて、留出しやすくしているためである。この減圧蒸留塔では減圧軽油や潤滑油が留出し、塔底には、非常に沸点の高い残渣油が残る。この残渣油がすなわちストレートアスファルトと呼ばれるものである。

図-3 アスファルト製造工程



以上の製造工程からも容易に推察できると思うが、原油の種類、蒸留の方法（温度、速度、減圧度）等によって、アスファルトの品質は変わってくる。これらの点を色々調整し、また得られた残渣油に手を加えたりして、前に述べた規格を満足するストレートアスファルトができあがるわけである。現在、アスファルトの総生産量のうち、90%以上がこのストレートアスファルトであり、一般にスファルトといえはストレートアスファルトをさすものと思ってよいであろう。

### 3. アスファルトの化学組成

こうしてできたアスファルトの化学組成は、まだほとんどの部分が不明である。アスファルトの母体である石油自身がきわめて多種類の炭化水素からできているうえに、アスファルトが蒸留後の残渣油であることを考えれば、これらの炭化水素のうち複雑なものばかりが残っていることから、分析の困難さは容易に想像されるであろう。ここでは、一般の参考書にも紹介され、道路技術者としても一応知っておいた方がよいと思われる程度の知識を整理することにする。

アスファルトは前にも述べたように複雑な炭化水素およびその誘導体の混合物であり、これを構成する化合物を一つ一つ分離することはほとんど不可能に近い。従ってこれまでの研究の方向としては、化学的特性の似通った構成分をいくつかのグループにわけ、そのグループの特徴を調べることににより、全体としてのアスファルトの化学的性質をとらえることであった。このような手法は最初に Marcusson によって始められたと言われており、その後、種々の方法が提案されたが、確立されたもので最も代表的なのはアメリカ鉱山局<sup>2)</sup>法である。

表-1 舗装用アスファルトの規格

(日本道路協会規格)

| 程 類     | 針入度<br>(25°C<br>100g<br>5秒) | 軟化点<br>°C | 伸 度<br>(15°C) | 蒸発量<br>% | 蒸発後の<br>針入度<br>(原針入度<br>に対して<br>%) | 四塩化炭<br>素可溶分<br>% | 引火点<br>°C |
|---------|-----------------------------|-----------|---------------|----------|------------------------------------|-------------------|-----------|
| 60~ 80  | 60~ 80                      | 43.0~53.0 | 100以上         | 0.3以上    | 75以上*                              | 99.5以上            | 240以上     |
| 80~100  | 80~100                      | 41.0~51.0 |               | 0.5以上    |                                    |                   | 70以上      |
| 100~120 | 100~120                     | 40.0~50.0 |               |          |                                    |                   |           |
| 120~150 | 120~150                     | 38.0~48.0 |               |          |                                    |                   |           |

\* 軟化点47.5°C以上のものの蒸発後の針入度は80%以上が望ましい。

【備考】 比重および粘度温度関係を付記することが望ましい。比重および粘度温度関係の試験方法は受渡当事者間の協定による。

う。これは、各成分の溶剤に対する溶解度差を利用していくつかのグループにアスファルトを分けるものである。その概要を図-4に示した。

まず、アスファルトをn-ペンタンに溶かし、このとき溶けずに沈殿析出される物質をアスファルテンと呼ぶ。n-ペンタン可溶分のうち、活性アルミナに吸着されるものをレジン、吸着されないものをオイルとする。すなわち、アスファルトをアスファルテン、レジン、オイルの3成分に構成されるものとするわけである。このように3つの成分にわけける手法というのは、道路舗装に関するものにとっては土質分類でたびたび見かけるように非常にわかりやすい。すなわち、三角図表（図-5）であらわせるため、そのものの材料特性がひとめでわかるからである。

針入度が100程度のアスファルトにこの分析方法を適用した結果<sup>2)</sup>を図-6に示した。これで見るとオイル分はアスファルトの種類にかかわらずほぼ50%程度でありアスファルテンが15~30%、レジンは20~35%の範囲にある。すなわち、オイル分はかわらず、アスファルテンが増加するとレジンが減る傾向にある。したがって、このアスファルテンの量がアスファルトの品質をかなり左右するといえよう。

以上の方法によって分類された3成分の特長を次に述べる。

**アスファルテン：**アスファルテンは通常かたくてもろい褐色ないしは黒色の粉状物質で、アスファルト成分中最も分子量の高い化合物のグループである。炭化水素の性質を左右する炭素と水素の比（C/H）は0.8以上で、平均分子量は測定法によってかなりの差はあるが、ほぼ1,500~2,500といわれている<sup>3)</sup>。

**レジン：**レジンは約93°Cぐらいの融点を有する赤褐色の固体、あるいは半固体である。C/H比は約0.7程度で分子量はほぼ1,000前後である。このレジン分がアスファルトに接着性と可塑性を与え、同時に流動特性を左右すると考えられている。レジンを酸化するとアスファルテンが得られ、還元するとオイル分が得られるのでレジン分はアスファルテンとオイル分の中間に存在するものと考えてよからう。

**オイル：**これは最も分子量の低い化合物のグループでほぼ400~1,000ぐらいの平均分子量を持つ。C/H比は約0.6程度でほぼ潤滑油に類似した成分を持つと考えられている。

表-2に坂上<sup>4)</sup>がベネゼラ原油について分離した結果を示した。平均分子量、C/H比ともに上に述べた範囲にある。また、この例でもそうであるが、アスファルトの組成としては炭化水素が90%以上である<sup>5)</sup>ことは覚え

図-4 アスファルトの化学成分の分離

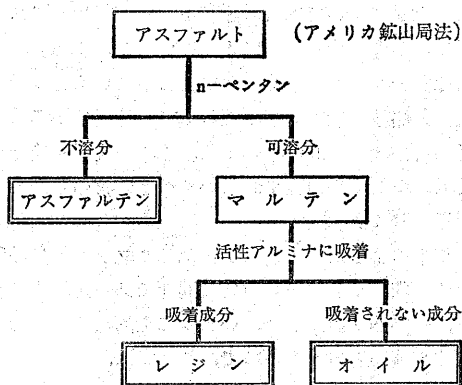


図-5 三角図表の例

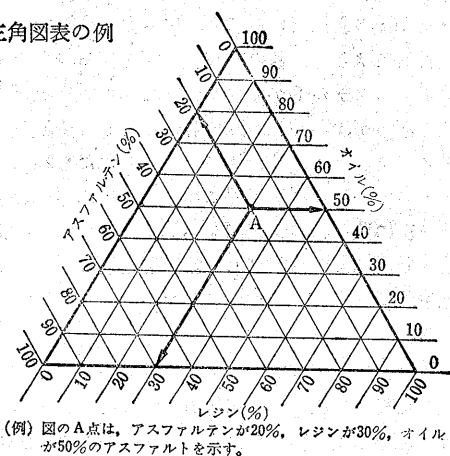
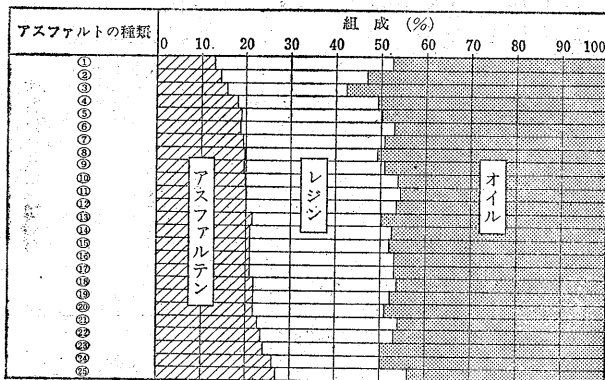


図-6 アスファルトの分析結果の例<sup>2)</sup>



ておいてよからう。炭素・水素の他に窒素・酸素・イオウ等が含まれるが、酸素・イオウ分がかなり多い。いま仮にイオウが2~3%含まれているとしても、アスファルトの年間使用量は500万トンを超えるから、10万トン以上のイオウが空气中に排出されずにすむことになる。大気汚染が問題になっている折から、アスファルト舗装

は公害防止に役立っているという見方でもてくるわけである。

最後に、以上のしめくりとして、Pfeiffer, Saal<sup>7)</sup>らの有名な模式図を紹介しておこう。アスファルトがコロイド（溶液中に微粒子が分散している状態）構造を持っていることは前から言われていたことであるが、Pfeiffer, Saalらはそれを模式的に図-7、図-8のようにあらわして説明した。すなわち、高分子量のアスファルテン分子が互いに二次的に結合してミセルを形成し、そのミセルがレジン分を吸収または吸着してオイル中に分散しているとしたのである。そして、ミセルがそれぞれ単独に存在する場合をゾル型（図-7）、たがいにかみあってミセルがジュウ毛化している場合をゲル型（図-8）、両者の中間をゾルゲル型と説明した。もちろん、これらは実験的に確認されたわけではないが、流動特性をゾル型、ゲル型に分けて考えるとき、これらの模式図をイメージとして浮かべると、非常に理解しやすい。ゾル、ゲルという言葉はアスファルトに関してよくでてくるので、ここで簡単に説明しておく、ゾル型というのは、ニュートン流動を示すもの（せん断速度とせん断応力が比例するもの）で、比較的やわらかいアスファルトがこの部類に属する。ゲル型というのは、非ニュートン流動を示し、弾性も加わっているもので、後にのべるブローンアスファルトがその代表的な例である。ゾ

#### アスファルト内部構造<sup>7)</sup>

図-7（下）ゾル型

図-8（右）ゲル型

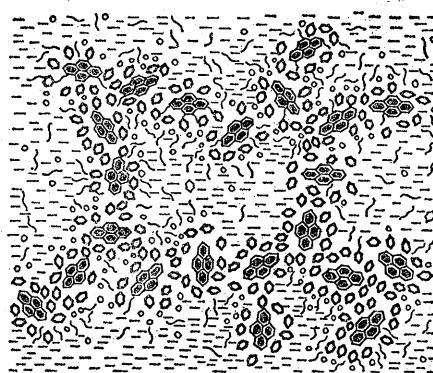
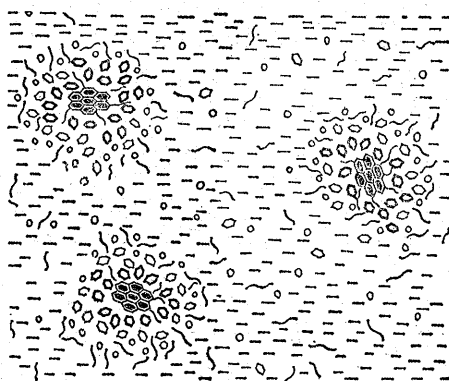


表-2 ストレートアスファルト（ベネゼラ原油より製造）  
の分離成分の元素分析結果と平均分子量

| 元素組成<br>分子分 | 分離成分               | 元 素 組 成 (%) |       |      |            | C/H<br>原 子 比 | 平 均<br>分子分 |
|-------------|--------------------|-------------|-------|------|------------|--------------|------------|
|             |                    | H           | D     | N    | 残<br>(O+S) |              |            |
| オイル分        | n-ヘキサン<br>溶 離 分(1) | 13.68       | 86.15 | 0    | 0.17       | 0.53         | 591        |
|             | "                  | 13.04       | 85.61 | 0    | 1.36       | 0.57         | 597        |
| レジン分        | ベンゼン<br>溶 離 分      | 10.30       | 84.77 | 0.38 | 4.55       | 0.69         | 795        |
|             | アルフル<br>溶 離 分      | 9.29        | 83.97 | 1.44 | 5.30       | 0.75         | 1108       |
|             | クロロホルム<br>溶 離 分    | 9.61        | 84.09 | 1.49 | 4.81       | 0.90         | 2791       |
| アスファルテン     |                    | 7.69        | 83.45 | 1.73 | 7.13       | 0.90         | —          |

\* カッコ内の数値は平均値

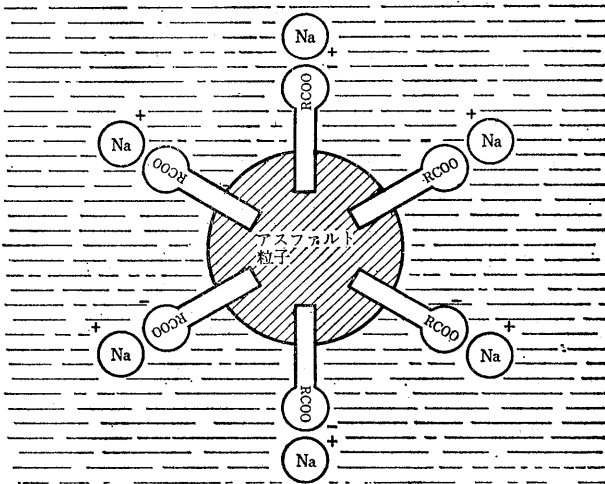
ルゲル型は両者の中間であるが、アスファルトではこの型に属するものが多い。したがってここにもまたアスファルトの難解な点があるわけである。

#### 4. アスファルト乳剤

通常のストレートアスファルトは常温で半固体状であり、これを骨材と混合して舗装するには温度を百数十度以上に上げなければならない。100度以上の温度で作業をするということは、当然加熱のための大きな設備が必要であるし、作業工程でも種々の制約が加わってくる。このような取扱い上の不便さを解決しようとして考え出されたのが、アスファルト乳剤と次節でのべるカットバックア

- アスファルテンの中心部
- 高分子量の芳香族性化合物
- ◇ 低分子量の芳香族性の強い化合物
- 芳香族性とナフテン性のまじった化合物
- 鎖状飽和脂肪族性とナフテン性のまじったや  
分子量の高い化合物
- 鎖状飽和脂肪族性とナフテン性のまじった低分  
子量の化合物

図-9 アニオン系乳剤



スファルトである。従って、アスファルト乳剤とカットバックアスファルトの特長は常温で作業ができる程度に粘度を下げているところにある。

アスファルト乳剤はこの粘度を下げる手段として、アスファルトを水と混合したものである。この場合、単に水と混合したのでは、両者が分離してしまうので、乳化剤というものを加え、アスファルト粒子が水の中で分散している状態を作り上げている。この乳化剤の種類により、乳剤はアニオン系とカチオン系の2種に分類される。

#### (1) アニオン系乳剤

アニオン系乳剤の場合は、同一分子内に親水性基（水になじみやすい部分）と親油性基を持ったアルカリ塩、すなわちセッケン類が乳化剤として用いられる。このセッケン類をいま  $\text{RCOONa}$  とすれば、これは水溶液中で次のようにイオン化される。



ここで親油性のR基は、アスファルト粒子に吸着されるが、親水性のカルボキシル基 ( $\text{COO}^-$ ) は吸着されにくいので、アスファルトから遠ざかるような配列のしかたをする。すなわち図-9 のようになる。このとき、イオンが (-) になっているため、アニオン（マイナスの意）系と称されるわけである。図で明らかのように、アスファルト粒子はまわりを (-) にイオン化した膜でおおわれ、アスファルト粒子も負の電荷をおびることになる。このような粒子がたがいに接近しようとしても、電氣的に同種のものは反発作用があるため、付着がさまたげられ結果的に、アスファルト粒子は互いに独立して存在することになる。

#### (2) カチオン系乳剤

図-10 カチオン系乳剤

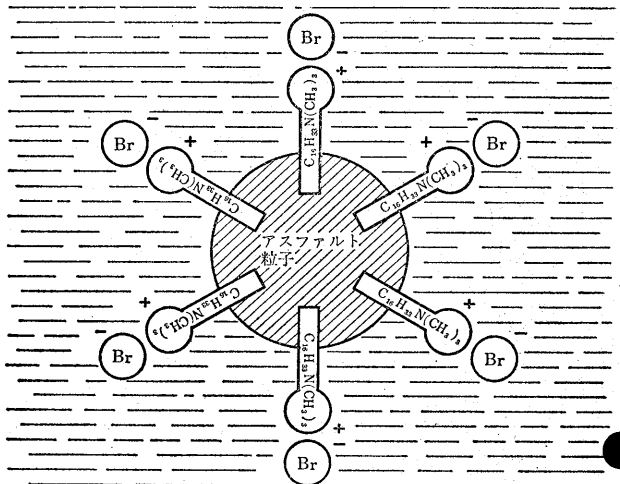
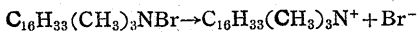


表-3 アスファルト乳剤の規格

| 項目                                                         | 種類        | PKまたはPA          |         |                 |         | MKまたはMA      |             |         |          |          |
|------------------------------------------------------------|-----------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------|-------------|---------|----------|----------|
|                                                            |           | 1                | 2       | 3               | 4       | 1            | 2           | 3       |          |          |
| エンゲラード<br>(25℃)                                            |           | 2～15             |         | 2～8             | 2～10    | 3～40         |             |         |          |          |
| フルイ残留物%                                                    |           | 0.3以下            |         |                 |         |              |             |         |          |          |
| 貯蔵安定度(5日)%                                                 |           | 5以下              |         |                 |         |              |             |         |          |          |
| 付着試験                                                       |           | 合格(PKのみ)         |         |                 |         | —            |             |         |          |          |
| 骨材被膜試験<br>(40℃ 5分)                                         |           | 合格(PA, MAのみ)     |         |                 |         |              |             |         |          |          |
| 低温安定度<br>(-5℃)                                             |           | —                | 合格      | —               |         |              |             |         |          |          |
| 粗粒度骨材混合試験                                                  |           | —                |         |                 | 合格①     | 合格           | —           |         |          |          |
| 密粒度骨材混合試験                                                  |           | —                |         |                 | —       |              |             | 合格      | —        |          |
| セメント混合試験                                                   |           | —                |         |                 | —       |              |             | 合格      |          |          |
| 粒子の電荷                                                      |           | 陽(PK, MKのみ)      |         |                 |         |              |             |         |          |          |
| 蒸留残留物%                                                     |           | 55以上             |         | 53以上            | 55以上    | 57以上         |             |         |          |          |
| 残留物                                                        | 針入度②(25℃) | 100～200          | 150～300 | 100～300         | 100～200 | 80～200       | 60～200      | 60～300  |          |          |
|                                                            | 伸度(15℃)   | 100以上            |         |                 |         | 80以上         |             |         |          |          |
|                                                            | 四塩化炭素可溶分% | 98以上             |         |                 |         | 97以上         |             |         |          |          |
|                                                            | おもな用途     | 普通表面処理用および冬期間を除く |         | び表面処理用冬期間透過用および |         | プフォームコンクリート用 | セメントコンクリート用 | タックコート用 | 粗粒度骨材混合用 | 密粒度骨材混合用 |
| 【注1】 PK-4, PA-4の粗粒度骨材混合試験は、受け渡し当事者間の協定により省くことができる。         |           |                  |         |                 |         |              |             |         |          |          |
| 【注2】 残留物の針入度は、受け渡し当事者間の協定により、下記の範囲に分けることができる。              |           |                  |         |                 |         |              |             |         |          |          |
| PK-1                                                       | PK-2      | PK-3             | PK-4    | MK-1            | MK-2    | MK-3         | PA-1        | PA-2    | PA-3     | PA-4     |
| 100～150                                                    | 150～300   | 100～150          | 100～150 | 80～120          | 60～100  | 60～100       | 100～150     | 150～300 | 100～150  | 100～150  |
| 120～200                                                    |           | 120～200          | 120～200 | 100～150         | 80～120  | 100～150      | 120～200     |         | 120～200  | 120～200  |
|                                                            |           | 150～300          |         | 120～200         | 100～150 | 120～200      |             |         |          | 120～200  |
| 【注3】 PK-2, PA-2の残留物の針入度は、受け渡し当事者間の協定により300を超えるものとすることができる。 |           |                  |         |                 |         |              |             |         |          |          |

カチオン系乳剤の代表的なものは、脂肪性アミン塩、第4級アンモニウム塩などの界面活性剤である。そしてアニオン系のものとは反対にアスファルト粒子のまわりに (+) の膜をつくるのである。たとえば  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3$

NBr のようなものは次のようにイオン化する。<sup>6)</sup>



ここで  $\text{N}_{16}\text{H}_{33}$  が親油性、 $(\text{CH}_3)_3\text{N}^+$  が親水性である。  
この状態を図-10に示した。

以上に述べた乳剤は、その大半が道路舗装用として使用されている。この場合は水分が蒸発した後のアスファルトと骨材の付着性をよくするため、比較的軟質のアスファルトを使用している。舗装要綱<sup>1)</sup>ではアスファルト乳剤をカチオン系(K)、アニオン系(A)とに分類し、さらに目的別に浸透用(P)と混合用(M)とに分けている。また、品質として、「骨材に接して分解生成したアスファルト被膜の付着性がよく、雨水その他で再乳化しないもので、JIS-K-2208 石油アスファルト乳剤の規定に適合したものでなければならない。」と定めてある。その品質規格を表-3に示す。

### 5. カットバックアスファルト

アスファルト乳剤の場合は、アスファルトを水中に分散させ、全体の粘度を下げたが、カットバックアスファルトは、針入度60ないし150のストレートアスファルトに、留出範囲140°Cないし360°Cの石油留出油を乳剤として加えたものである。アスファルトの粘度を一時的に低下させて使用条件を簡易にし、使用後は大気にさらすことによって水または溶剤を蒸発させて、元のアスファ

ルトを再生するという点で、アスファルト乳剤とカットバックアスファルトは非常に類似している。また使用対象が両者とも簡易舗装以下のいわゆる軽舗装であるため何かにつけてよく対比されるが、アスファルト乳剤の場合は酸化という、いわば化学的な変化をもとにしているのに対し、カットバックアスファルトは、単に溶剤と物理的に混合しただけである点において、両者は本質的に異なる。

カットバックアスファルトの性質は、使用するストレートアスファルトの性状、溶剤の組成や量により相違する。溶剤量は通常容積で10%~40%の範囲にあるが、溶剤の蒸発は溶剤の軽質なほど、温度の高いほど、風とおしのよいほど速い。日本道路協会規格<sup>1)</sup>(図-4)では、カットバック油の蒸発速度の大小により、RC, MCに分類され、さらにこれらは粘度の高低により、それぞれ4段階に分けられている。ここでRC(rapid curing)はカットバック油としてガソリンを使用したもの、MC(medium curing)はケロシンを使用したものである。

以上、アスファルト乳剤、カットバックアスファルトの概要を述べた。これらは、高級舗装にはほとんど使用されないため、舗装材料としてはこれまでいわば日陰者的な存在であった。しかし、わが国の道路延長約100万kmのうち、まだ70万km以上が未舗装であり、この70万km

表-4 カットバックアスファルトの規格

(日本道路協会規格)

| 種 類                                                           |         | R C    |         |           |           | M C    |         |           |           |
|---------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|-----------|-----------|--------|---------|-----------|-----------|
| 等 級                                                           |         | 70     | 250     | 800       | 3,000     | 70     | 250     | 800       | 3,000     |
| 引火点(タグ開放式)°C                                                  |         | —      | 30以上    |           |           | 40以上   | 65以上    |           |           |
| 動粘度(60°C) C S ①                                               |         | 70~100 | 250~500 | 100~1,600 | 3000~6000 | 70~140 | 250~500 | 800~1,600 | 3000~6000 |
| 分留試験<br>(360°Cまでの全留出量に対する)容積 %                                | 190°Cまで | 10以上   | —       | —         | —         | —      | —       | —         | —         |
|                                                               | 225°C " | 50 "   | 35以上    | 15以上      | —         | —      | —       | —         | —         |
|                                                               | 26,°C " | 70 "   | 60 "    | 45 "      | 25以上      | 20以上   | 15以上    | —         | —         |
|                                                               | 316°C " | 85 "   | 80 "    | 75 "      | 70 "      | 65 "   | 60 "    | 45以上      | 15以上      |
| 蒸留残留物(360°Cにおける)容積 %                                          |         | 55以上   | 65以上    | 75以上      | 80以上      | 55以上   | 65以上    | 75以上      | 80以上      |
| 蒸留残留物の試験                                                      |         |        |         |           |           |        |         |           |           |
| 針 入 度(25°C) ②                                                 |         | 80~250 |         |           |           | 80~250 |         |           |           |
| 伸 度(15°C) cm                                                  |         | 100以上  |         |           |           | 100以上  |         |           |           |
| 四塩化炭素可溶分 %                                                    |         | 99.5 " |         |           |           | 99.5 " |         |           |           |
| 水 分 %                                                         |         | 0.2以下  |         |           |           | 0.2以下  |         |           |           |
| (注) ①粘度をセイボルトフロール計によって測定するときは、材料が次の要件に合格すれば、指定された品種のものとして認める。 |         |        |         |           |           |        |         |           |           |
| 等 級                                                           |         | 70     | 250     | 800       | 3000      |        |         |           |           |
| セイボルトフロール度・秒 50°C                                             |         | 60~120 | —       | —         | —         |        |         |           |           |
| 60°C                                                          |         | —      | 125~250 | —         | —         |        |         |           |           |
| 82°C                                                          |         | —      | —       | 100~200   | 300~600   |        |         |           |           |
| (注)②蒸留残留物の針入度は、受け渡し当事者間の協定により、つぎの範囲にわたることができる。80~120, 120~250 |         |        |         |           |           |        |         |           |           |

の大部分がアスファルト乳

剤、カットバックアスファルトを使用する簡易舗装、軽舗装の対象になると考えられる。何故ならば、末舗装道路の大部分が交通量の少ない市町村道だからである。したがって、アスファルト乳剤、カットバックアスファルトが、今後ますますクローズアップされるのは明かであり、それに対応する材料、施工法の研究が必要となる。現在、日本アスファルト協会において砂利道の歴青路面処理指針を検討中<sup>9)</sup>であるが、その成果が期待されるのも、以上のような背景からである。

## 6. ブローンアスファルト

ストレートアスファルト、アスファルト乳剤およびカットバックアスファルトは、アスファルト舗装要綱の歴青材料の項にでているが、ブローンアスファルトは載っていない。これは、ブローンアスファルトが舗装に使用されることがほとんどないからである。しかし、アスファルトの材料特性、とくにレオロジー的性質を検討する場合にはストレートとブローンがよく対比されるので、ここに簡単に紹介しておこう。

ブローンアスファルトは、石油蒸留過程中の適当な重質残油に空気を吹きこみ、酸化重合させて作ってものである。この製造工程をブローイングということから、ブローンアスファルトという名称が生まれたといわれている。常温で固体状を示していることから、使用が容易であるため、きわめて多くの用途を持っている。その例としては、ルーフィング、塗料、絶縁材料、接着剤等があげられるが、その他、数えあげればきりがなくらいである。ストレートアスファルトがほとんど舗装に使用されるのと対照的である。ブローンアスファルトの規格を表-5に示した。この規格の中で最も軟質のものでも軟化点が65°C以上ということから、ブローンアスファルトは非常に硬いアスファルトであるといえよう。

表-5 ブローンアスファルトの規格

| 種類    | 針入度                  |                      |                     | 軟化点<br>(R & B)<br>°C | 伸度<br>25°C | 蒸発量<br>% | 蒸発後の<br>針入度%<br>対原針入<br>度 | 四塩化<br>炭素可<br>溶分% | 引火点<br>°C |
|-------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------|----------|---------------------------|-------------------|-----------|
|       | 0°C<br>200g<br>60sec | 25°C<br>100g<br>5sec | 25°C<br>50g<br>5sec |                      |            |          |                           |                   |           |
| 0~5   | —                    | 0以上<br>5以下           | —                   | 130以上                | 0以上        | 0.5以下    | 60以上                      | 99以上              | 200以上     |
| 5~10  | 4以上                  | 5以上<br>15以下          | 25以下                | 110 "                | 0 "        | 0.5 "    | 60 "                      | 99 "              | 200 "     |
| 10~20 | 7 "                  | 10以上<br>20以下         | 45 "                | 90 "                 | 1 "        | 0.5 "    | 60 "                      | 99 "              | 200 "     |
| 20~30 | 10 "                 | 20以上<br>30以下         | 70 "                | 80 "                 | 2 "        | 0.5 "    | 60 "                      | 99 "              | 200 "     |
| 30~40 | 14 "                 | 30以上<br>40以下         | 95 "                | 65 "                 | 3 "        | 0.5 "    | 60 "                      | 99 "              | 200 "     |

## 7. おわりに

今回は、種々のアスファルトの製法、組成を中心に述べた。道路技術者にとってはさほど興味がなかったかも知れないが、やはりこの程度は常識として知っておいて欲しいとも思う。なお、さらに詳しく知りたい方は、「アスファルト」<sup>3)</sup>「新しい工業材料の化学」<sup>4)</sup>を参考にされるとよい。筆者もこれらの著書を参照させていただいたことを付記しておく。

今回はアスファルトの特長であるレオロジー的性質について述べる予定である。

## 参考文献

- 1) アスファルト舗装要綱 P. 24, 26, 27  
日本道路協会 (1967)
- 2) R. L. Hubbard, K. E. Stanfield : Anal. Chem  
20, 460 (1948)
- 3) 金崎健児, 岡田富男共編「アスファルト」P. 45  
日刊工業新聞社
- 4) 山本研一編「新しい工業材料の科学」石油系材料  
1. ストレートアスファルト P. 11 金原出版
- 5) Arnold J. Hoiberg, "Bituminous Materials :  
Asphalt, Tars and Pitches" Volume II :  
Part One, 155
- 6) 「アスファルト」83, 17 (1972) アスファルト協会
- 7) J. P. Pfeiffer, R. N. J. Saal J. Phys. Chem  
43, 139 (1939)
- 8) "Bituminous Materials in Road Construction"  
54 (1962) Road Research Laboratory,
- 9) 「アスファルト」91, 2 (1973) アスファルト協会

# 協会ニュース

## 日本アスファルト協会懸賞論文規定の制定

本協会は、会員（株）南部商会（南部 勇氏）からの研究寄付金 100万円を原資とし、特別事業として、アスファルトに関する論文を懸賞募集することにしておりこのほど懸賞論文規定を定めた。48年度としては、別掲のとおり「アスファルトの道路技術への適用に関する研究」を主題として募集することになった。

### 《論文規定》

#### 第 1 章 総 則

第 1 条 本規定は、懸賞論文に関し必要な事項を定める。

第 2 条 本協会は、アスファルトに関する論文を懸賞募集し、入選論文を適当な方法により発表する。

第 3 条 賞の名称は、日本アスファルト協会論文賞とする。

② 1 等入選の賞は、賞状、賞牌および副賞とする。

③ 2 等および佳作入選の賞は、賞状および副賞とする。

第 4 条 賞は、同一人が重ねてこれを受けることができる。

#### 第 2 章 論 文 の 種 類

第 5 条 論文の種類は、次の事項に該当するものとする。

アスファルトの製造・品質・利用等の技術的進歩改善に寄与するものであり募集の都度題目を定める。

#### 第 3 章 募 集

第 6 条 本協会は、募集の都度副賞の額および締切日その他を定めて発表する。

第 7 条 懸賞論文に応募する者の資格は問わない。

#### 第 4 章 受賞候補の選定

第 8 条 受賞候補のため選考委員会を設ける。

第 9 条 選考委員会は、会長の委嘱する委員若干名をもって組織する。

② 委員の任期は、任務終了までとする。

③ 論文応募者は、選考委員となることができない。

第 10 条 選考委員会は、入選に相当するものに順位をつけ、選考理由書を作成のうえ、会長に報告する。

#### 第 5 章 入 選 発 表

第 11 条 会長は、選考委員会の報告に基づき、常任理事会の議を経て入選者を決定する。

第 12 条 賞は、常任理事会で決定する。

第 13 条 会長は、入選者に対しその旨を通知し、賞を贈呈する。

第 14 条 入選しなかった論文は応募者に返戻する。

#### 第 6 章 資 金

第 15 条 懸賞論文の事業に要する費用は寄付金をもってこれに当てる。ただし、一般予算から移し入れることを妨げない。

第 16 条 資金は特別会計とし、その収支は別勘定とする。

#### 第 7 章 運 用

第 17 条 懸賞論文事業の運用は企画委員会がこれに当てる。

昭和48年8月制定

#### 路面処理分科会の研究活動

当研究事業は建設省より建設技術研究補助金（補助金額 150万円 合計 500万円）を受けて本年度中に研究を行なうことは、前号の本欄に報告したとおりである。

当研究活動は分科会の検討をもとに、建設省市町村道室および都道府県（市町村）の協力を得て、次のとおり進行している。

(1) 分科会直営の試験施工を千葉県との協力により、市原土木事務所管内に 1 箇所

(2) 同じく埼玉県の協力により大宮土木事務所が大宮市道に 2 箇所

以上を 8 月から 9 月にかけて舗装を行ない、目下これの追跡調査に入っている。

(3) 都道府県の協力により各県管内の市町村道合計数 80カ所に試験施工（8～9月）を行ない、それぞれの県にお願いして追跡調査中である。

(4) さらに(3)については、パンチカードを作成し、各県より詳細なデータを頂くこととなっている。

(5) (3)の試験施工区間の試料（路床土、在来砂利層、補強路盤）を協会まで送付してもらい、分科会委員が手分けして室内試験を行なう。

別冊「アスファルト」をおわけしております

☆頒価 各号とも 200円（郵便切手にても可）

☆申込先 日本アスファルト協会 別冊係

☆ハガキ（あと払い）のお申込みはご遠慮下さい。

105 東京都港区芝西久保明舟町12 和孝第10ビル

| 号 数                                              | 内 容                                                                                      | 執 筆 者                                               |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 別冊 No. 11<br>昭和42年9月発行<br>(第16回アスファルト<br>ゼミナール)  | アスファルト舗装の各種設計方法について<br>アスファルト混合物の施工について<br>最近のアスファルト舗装の2, 3の問題点<br>東名高速道路の舗装について         | 菅 原 照 雄<br>松 野 三 朗<br>岸 文 雄<br>石 田 季 久 夫            |
| 別冊 No. 12<br>昭和43年12月発行<br>(第17回アスファルト<br>ゼミナール) | 最近の各国のアスファルト舗装設計について<br>アスファルト舗装の検査と品質管理<br>アスファルト乳剤安定処理実績調査<br>東名高速道路の安定処理工法<br>簡易舗装の現状 | 植 下 協<br>松 野 三 朗<br>岩 瀬 正<br>近 藤 正<br>高 見 博         |
| 別冊 No. 13<br>昭和44年11月発行<br>(第18回アスファルト<br>ゼミナール) | 中国地建管内のアスファルト舗装について<br>最近の舗装用材料について<br>アスファルト舗装施工上の問題点<br>岡山県の乳剤安定処理工法<br>簡易舗装について       | 和 気 功<br>昆 布 谷 竹 郎<br>工 藤 忠 雄<br>坂 出 康 人<br>南 雲 貞 夫 |
| 別冊 No. 14<br>昭和45年11月発行<br>(第19回アスファルト<br>ゼミナール) | アスファルト舗装工事共通仕様書について<br>アスファルト乳剤の動向と問題点<br>福岡県の簡易舗装概況報告<br>土木建設における最近のアスファルトの利用           | 南 雲 貞 夫<br>福 島 文 朗<br>谷 啓 輔<br>物 部 幸 保              |
| 別冊 No. 15<br>昭和46年6月発行<br>(第21回アスファルト<br>ゼミナール)  | アスファルトの流通について<br>スタビライザー工法の実状と趨勢<br>アスファルト舗装の施工上の問題点<br>アスファルト舗装の設計の推移と現状                | 石 井 賢 一 郎<br>稲 垣 健 三<br>埴 原 文 弥<br>南 雲 貞 夫          |
| 別冊 No. 17<br>昭和47年2月発行<br>(第23回アスファルト<br>ゼミナール)  | 積雪寒冷地の高速道路の舗装について<br>アスファルト舗装の破損とはく離現象<br>札幌市における防塵処理<br>アスファルトの供給について                   | 瀬 戸 薫<br>南 雲 貞 夫<br>出 来 岡 謙 三<br>山 本 高 英            |
| 別冊 No. 18<br>昭和47年7月発行<br>(第24回アスファルト<br>ゼミナール)  | アスファルトの生産について<br>本四連絡橋と国土開発の構想<br>四国の道路整備について<br>アスファルト舗装の施工上の問題点<br>アスファルト乳剤による表面処理     | 古 田 毅<br>福 井 勉 彦<br>藤 井 寿 明<br>物 部 幸 保<br>檜 垣 一 彦   |
| 別冊 No. 19<br>昭和48年2月発行<br>(第25回アスファルト<br>ゼミナール)  | 湿潤時作業可能な舗装補修材料の開発研究<br>くらしの道路<br>積雪寒冷地のアスファルト舗装の問題点<br>アスファルト舗装要綱のその後の問題点                | 萩原 浩・阿部 頼政<br>鳥 居 敏 彦<br>西 野 徹 郎<br>藤 井 治 芳         |
| 別冊 No. 20<br>昭和48年7月発行<br>(第26回アスファルト<br>ゼミナール)  | 市町村道舗装の現状と今後の問題点<br>アスファルト舗装の現状と今後の適用<br>道路舗装破壊の要因分析と維持補修計画<br>中国地建管内の舗装の実態と問題点          | 三 野 四 郎<br>藤 井 治 芳<br>山 本 弘 夫<br>松 延 正 義            |

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〕              |                         |                   |
| ア ジ ア 石 油 株 式 会 社   | (100) 東京都千代田区内幸町 2-1-1  | 03 (506) 5 6 4 9  |
| 大 協 石 油 株 式 会 社     | (104) 東京都中央区京橋 1-1      | 05 (562) 2 2 1 1  |
| エッソスタンダード石油 (株)     | (105) 東京都港区赤坂 5-3-3     | 03 (584) 6 2 1 1  |
| 富 士 興 産 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区永田町 2-4-3  | 03 (580) 3 5 7 1  |
| 富士興産アスファルト (株)      | (100) 東京都千代田区永田町 2-4-3  | 03 (580) 0 7 2 1  |
| 富 士 石 油 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区大手町 1-2-3  | 03 (211) 6 5 3 1  |
| 出 光 興 産 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区丸の内 3-1-1  | 03 (213) 3 1 1 1  |
| 鹿 島 石 油 株 式 会 社     | (105) 東京都港区芝罘平町 38      | 03 (503) 4 3 7 1  |
| 共 同 石 油 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区永田町 2-11-2 | 03 (580) 3 7 1 1  |
| 極 東 石 油 工 業 株 式 会 社 | (100) 東京都千代田区大手町 1-7-2  | 03 (270) 0 8 4 1  |
| 丸 善 石 油 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区大手町 1-5-3  | 03 (213) 6 1 1 1  |
| 三 菱 石 油 株 式 会 社     | (105) 東京都港区芝罘平町 1       | 03 (501) 3 3 1 1  |
| モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社 | (100) 東京都千代田区大手町 1-7-2  | 03 (270) 6 4 1 1  |
| 日 本 鉱 業 株 式 会 社     | (105) 東京都港区赤坂葵町 3       | 03 (582) 2 1 1 1  |
| 日 本 石 油 株 式 会 社     | (105) 東京都港区西新橋 1-3-12   | 03 (502) 1 1 1 1  |
| 日 本 石 油 精 製 株 式 会 社 | (105) 東京都港区西新橋 1-3-12   | 03 (502) 1 1 1 1  |
| 三 共 油 化 工 業 株 式 会 社 | (100) 東京都千代田区丸の内 1-4-1  | 03 (216) 2 6 1 1  |
| 西 部 石 油 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区丸の内 1-2-1  | 03 (216) 6 7 8 1  |
| シ エ ル 石 油 株 式 会 社   | (100) 東京都千代田区霞が関 3-2-5  | 03 (580) 0 1 1 1  |
| 昭 和 石 油 株 式 会 社     | (100) 東京都千代田区丸の内 2-7-3  | 03 (231) 0 3 1 1  |
| 昭和四日市石油株式会社         | (100) 東京都千代田区有楽町 1-2-1  | 03 (211) 1 4 1 1  |
| 谷 口 石 油 精 製 株 式 会 社 | (512) 三重県三重郡川越町高砂       | 0593 (65) 2 1 7 5 |
| 東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社 | (100) 東京都千代田区一ツ橋 1-1-1  | 02 (213) 2 2 1 1  |
| 東 北 石 油 株 式 会 社     | (983) 宮城県仙台市中野字高松 238   | 02236 (2) 8 1 4 1 |
| ユニオン石油工業株式会社        | (100) 東京都千代田区丸の内 1-4-2  | 03 (211) 3 6 6 1  |

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 社 名              | 住 所                         | 電 話                     |
|------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 〔ディーラー〕          |                             |                         |
| ● 北 海 道          |                             |                         |
| (株) 南部商会札幌出張所    | (060) 札幌市中央区北2条西2-15        | 011 (231) 7 5 8 7 日 石   |
| 株式会社 ロード資材       | (060) 札幌市中央区北1条西10-1-11     | 011 (261) 7 4 6 9 丸 善   |
| (株) 沢田商行北海道出張所   | (060) 札幌市中央区北2条西3丁目         | 011 (251) 0 8 3 3 札 丸   |
| 東京アスファルト(株)札幌営業所 | (060) 札幌市中央区南15条西11         | 011 (561) 1 3 8 9 共 石   |
| 葛井石油株式会社         | (060) 札幌市中央区北5条西21-411      | 011 (611) 2 1 7 1 丸 善   |
| ● 東 北            |                             |                         |
| アサヒレキセイ(株)仙台支店   | (980) 宮城県仙台市一番町2-3-32       | 0222 (65) 1 1 0 1 大 協   |
| (株) 木畑商会仙台営業所    | (980) 宮城県仙台市中央2-1-15        | 0222 (22) 9 2 0 3 共 石   |
| 中西瀝青(株)仙台営業所     | (980) 宮城県仙台市中央2-1-30        | 0222 (23) 4 8 6 6 日 石   |
| (株) 南部商会仙台出張所    | (981) 宮城県仙台市中央2-1-17        | 0222 (23) 1 0 1 1 日 石   |
| 有限会社 男鹿興業所       | (010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178 | 01852(4) 3293 共 石       |
| 竹中産業(株)新潟営業所     | (950) 新潟市東大通1-4-2           | 0252 (46) 2 7 7 0 シェル   |
| ● 関 東            |                             |                         |
| アサヒレキセイ株式会社      | (104) 東京都中央区八丁堀3-3-5        | 03 (351) 8 0 1 1 大 協    |
| アスファルト産業株式会社     | (103) 東京都中央区八丁堀4-4-13       | 03 (553) 3 0 0 1 シェル    |
| 富士鉱油株式会社         | (105) 東京都港区新橋4-26-5         | 03 (432) 2 8 9 1 丸 善    |
| 富士油業(株)東京支店      | (106) 東京都港区西麻布1-8-6         | 03 (478) 3 5 0 1 富士興産アス |
| 関東アスファルト株式会社     | (336) 浦和市岸町4-26-19          | 0488 (22) 0 1 6 1 シェル   |
| 株式会社 木畑商会        | (104) 東京都中央区八丁堀4-2-2        | 03 (552) 3 1 9 1 共 石    |
| 国光商事株式会社         | (165) 東京都中野区東中野1-7-1        | 03 (363) 8 2 3 1 出 光    |
| 極東資材株式会社         | (105) 東京都港区新橋2-3-5          | 03 (584) 1 5 2 8 三 石    |
| 三菱商事株式会社         | (100) 東京都千代田区丸の内2-6-3       | 03 (210) 6 2 9 0 三 石    |
| 三井物産株式会社         | (105) 東京都港区西新橋1-2-9         | 03 (505) 4 9 5 2 極 東 石  |
| 中西瀝青株式会社         | (103) 東京都中央区八重州1-2-2        | 03 (272) 3 4 7 1 日 石    |
| 株式会社 南部商会        | (100) 東京都千代田区丸の内3-4-2       | 02 (212) 3 0 2 1 日 石    |
| 日本輸出入石油株式会社      | (100) 東京都千代田区大手町1-2-3       | 03 (211) 6 7 1 1 共 石    |
| 日東石油販売株式会社       | (104) 東京都中央区銀座4-13-13       | 03 (543) 5 3 3 1 シェル    |
| 日東商事株式会社         | (162) 東京都新宿区矢来町111          | 03 (260) 7 1 1 1 昭 石    |
| 瀝青販売株式会社         | (103) 東京都中央区日本橋2-16-3       | 03 (271) 7 6 9 1 出 光    |
| 菱東石油販売株式会社       | (101) 東京都千代田区神田6-15-11      | 03 (833) 0 6 1 1 三 石    |
| 菱洋通商株式会社         | (104) 東京都中央区銀座4-2-14        | 03 (564) 1 3 2 1 三 石    |
| 三徳商事(株)東京営業所     | (101) 東京都千代田区岩本町1-3-7       | 03 (861) 5 4 5 5 昭 石    |
| 株式会社 沢田商行        | (104) 東京都中央区入船町1-7-2        | 03 (551) 7 1 3 1 丸 善    |
| 新日本商事株式会社        | (101) 東京都千代田区神田錦町2-7        | 03 (294) 2 9 6 1 昭 石    |
| 昭和石油アスファルト株式会社   | (140) 東京都品川区南大井1-7-4        | 03 (761) 4 2 7 1 昭 石    |

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 名              | 住     | 住         | 所           | 電         | 話              |
|----------------|-------|-----------|-------------|-----------|----------------|
| 住商石油株式会社       | (101) | 東京都千代田区神田 | 美土代町1       | 03 (292)  | 3 9 1 1 出 光    |
| 大洋商運株式会社       | (100) | 東京都千代田区   | 有楽町1-2      | 03 (503)  | 1 9 2 1 三 石    |
| 東光商事株式会社       | (104) | 東京都中央区    | 京橋1-6       | 03 (274)  | 2 7 5 1 三 石    |
| 東京アスファルト株式会社   | (100) | 東京都千代田区   | 内幸町2-1-1    | 03 (501)  | 7 0 8 1 共 石    |
| 東京富士興産販売株式会社   | (105) | 東京都港区     | 芝罘平町34      | 03 (503)  | 5 0 4 8 富士興産アス |
| 東京レキセイ株式会社     | (141) | 東京都品川区    | 西五反田8-12-10 | 03 (493)  | 6 1 9 8 富士興産アス |
| 東京菱油商事株式会社     | (160) | 東京都新宿区    | 新宿1-10-3    | 03 (352)  | 0 7 1 5 三 石    |
| 東生商事株式会社       | (150) | 東京都渋谷区    | 渋谷町2-19-18  | 03 (409)  | 3 8 0 1 三共・出光  |
| 東新瀝青株式会社       | (103) | 東京都中央区    | 日本橋2-13-5   | 03 (273)  | 3 5 5 1 日 石    |
| 東洋アスファルト販売株式会社 | (107) | 東京都港区     | 赤坂5-3-3     | 03 (584)  | 6 2 1 1 エ ッ ソ  |
| 東洋国際石油株式会社     | (104) | 東京都中央区    | 八丁堀3-3-5    | 03 (552)  | 8 1 5 1 大 協    |
| 梅本石油株式会社       | (162) | 東京都新宿区    | 新小川町2-10    | 03 (269)  | 7 5 4 1 丸 善    |
| 宇野建材株式会社       | (241) | 横浜市旭区     | 笹野台168-4    | 045 (391) | 6 1 8 1 三 石    |
| ユニ石油株式会社       | (105) | 東京都港区     | 西新橋1-4-10   | 03 (503)  | 0 4 6 7 シエル    |
| 渡辺油化興業株式会社     | (107) | 東京都港区     | 赤坂3-21-21   | 03 (582)  | 6 4 1 1 昭 石    |
| 横浜米油株式会社       | (231) | 横浜市神奈川区   | 金港町7-2      | 045 (441) | 9 3 3 1 エ ッ ソ  |

● 中 部

|                 |       |         |           |           |                |
|-----------------|-------|---------|-----------|-----------|----------------|
| アサヒレキセイ(株)名古屋支店 | (466) | 名古屋市昭和区 | 塩付通4-9    | 052 (851) | 1 1 1 1 大 協    |
| ビチユメン産業(株)富山営業所 | (930) | 富山市奥井町  | 19-21     | 0764 (32) | 2 1 6 1 シエル    |
| 千代田石油株式会社       | (460) | 名古屋市中区  | 栄1-24-21  | 052 (201) | 7 7 0 1 丸 善    |
| 富士フソー株式会社       | (910) | 福井市下北野町 | 東坪3字18    | 0776 (24) | 0 7 2 5 富士興産アス |
| 株式会社 名建商会       | (460) | 名古屋市中区  | 栄4-21-5   | 052 (241) | 2 8 1 7 日 石    |
| 名古屋富士興産販売(株)    | (451) | 名古屋市中区  | 庭町2-31    | 052 (521) | 9 3 9 1 富士興産アス |
| 中西瀝青(株)名古屋営業所   | (460) | 名古屋市中区  | 錦町4-20-6  | 052 (211) | 5 0 1 1 日 石    |
| 三徳商事(株)名古屋営業所   | (453) | 名古屋市中村区 | 西米野1-38-4 | 052 (481) | 5 5 5 1 昭 石    |
| 株式会社 三油商行       | (460) | 名古屋市中区  | 丸の内2-1-5  | 052 (231) | 7 7 2 1 大 協    |
| 株式会社 沢田商行       | (454) | 名古屋市中川区 | 富川町1-1    | 052 (361) | 7 1 5 1 丸 善    |
| 新東亜交易(株)名古屋支店   | (453) | 名古屋市中村区 | 広井町3-88   | 052 (561) | 3 5 1 1 三 石    |
| 静岡鉱油株式会社        | (424) | 静岡県清水市  | 袖師町1575   | 0543 (66) | 1 1 9 5 モービル   |
| 竹中産業(株) 福井営業所   | (910) | 福井市大手   | 2-4-26    | 0776 (22) | 1 5 6 5 シエル    |

● 近 畿

|                |       |       |          |            |                |
|----------------|-------|-------|----------|------------|----------------|
| アサヒレキセイ(株)大阪支店 | (550) | 大阪市西区 | 北堀江5-15  | 06 (538)   | 2 7 3 1 大 協    |
| 千代田瀝青株式会社      | (530) | 大阪市北区 | 此花町2-28  | 06 (358)   | 5 5 3 1 三 石    |
| 富士アスファルト販売株式会社 | (550) | 大阪市西区 | 京町堀3-20  | 06 (441)   | 5 1 5 9 富士興産アス |
| 平和石油株式会社       | (530) | 大阪市北区 | 宗是町1     | 06 (443)   | 2 7 7 1 シエル    |
| 平井商事株式会社       | (542) | 大阪市南区 | 長堀橋筋1-43 | 06 (252)   | 5 8 5 6 富士興産アス |
| 関西舗材株式会社       | (541) | 大阪市東区 | 横堀4-43   | 06 (271)   | 2 5 6 1 シエル    |
| 北坂石油株式会社       | (590) | 堺市    | 戒島町5丁32  | 08222 (32) | 6 5 8 5 シエル    |

社団法人 日本アスファルト協会 会員

| 社 名            | 住 所                    | 電 話                  |
|----------------|------------------------|----------------------|
| 毎日石油株式会社       | (540) 大阪市東区京橋3-11      | 06 (943) 0351 エッソ    |
| 丸和鉱油株式会社       | (532) 大阪市東淀川区塚本町2-22-9 | 06 (301) 8073 丸 善    |
| 三菱商事(株)大阪支社    | (530) 大阪市北区堂島浜通1-15-I  | 06 (343) 1111 三 石    |
| 中西瀝青(株)大阪営業所   | (532) 大阪市東淀川区中島町3-261  | 06 (303) 0201 日 石    |
| 大阪アスファルト株式会社   | (531) 大阪市大淀区豊崎西通2-7    | 06 (372) 0031 富士興産アス |
| 大阪菱油株式会社       | (541) 大阪市東区北浜5-11      | 06 (202) 6371 三 石    |
| 三徳商事株式会社       | (531) 大阪市東淀川区新高南通2-22  | 06 (394) 1551 昭 石    |
| (株) 沢田商行大阪支店   | (542) 大阪市南区鰻谷西之町50     | 06 (251) 1922 丸 善    |
| 正興産業株式会社       | (662) 西宮市久保町2-1        | 0793 (34) 3323 三 石   |
| (株) シェル石油大阪発売所 | (530) 大阪市北区堂島浜通1-25-1  | 06 (343) 0441 シェル    |
| 新川崎物産株式会社      | (650) 神戸市生田区江戸町98      | 078 (391) 6511 昭石・大協 |
| 梅本石油(株)大阪営業所   | (530) 大阪市西区新町北通1-17    | 06 (351) 9064 丸 善    |
| 山文事横株式会社       | (550) 大阪市西区土佐堀通1-13    | 06 (443) 1131 日 石    |
| 横田瀝青興業株式会社     | (672) 姫路市飾磨1南細江985     | 0792 (35) 7511 共 石   |

● 四 国 ・ 九 州

|                |                        |                       |
|----------------|------------------------|-----------------------|
| アサヒレキセイ(株)九州支店 | (810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52   | 092 (77) 7436 大 協     |
| 畑 礦 油 株 式 会 社  | (804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40  | 093 (871) 3625 丸 善    |
| 平和石油(株)高松支店    | (760) 高松市番町5-6-26      | 0878 (31) 7255 シェル    |
| 入交産業株式会社       | (780) 高知市大川筋1-1-1      | 0888 (73) 4131 富士・シェル |
| 株式会社 カ ソ ダ     | (892) 鹿児島市住吉町1-3       | 0992 (22) 8181 シェル    |
| 九州菱油株式会社       | (805) 北九州市八幡町山王1-17-11 | 093 (66) 4868 三 石     |
| 丸 菱 株 式 会 社    | (812) 福岡市博多区博多駅前1-9-3  | 092 (43) 7561 シェル     |
| 西岡商事株式会社       | (764) 香川県多度津町新町125-2   | 08773 (2) 3435 三 石    |
| 三協商事株式会社       | (770) 徳島市万代町5-8        | 0886 (53) 5131 富士興産アス |
| (株) シェル石油徳島発売所 | (770) 徳島市中州区1-10       | 0886 (22) 9291 シェル    |