

アスファルト

第26巻 第135号 昭和58年4月発行

135

特集・舗装技術へのエレクトロニクスの導入

舗装技術とエレクトロニクス	阿部 頼 政	1
設計・積算におけるエレクトロニクスの導入	長坂 清 吉	3
維持管理・補修へのエレクトロニクスの利用	岡村 真	7
供用性調査とエレクトロニクス	丹治 和 裕	16
ちょっと一服 ―電算豆知識―	阿部 忠 行	21
アスファルト混合物の製造とエレクトロニクス	的場 雅 俊・田中 広 英	24
施工とエレクトロニクス	高野 淳	28
試験室におけるエレクトロニクスの導入	穴戸 薫	31

〈用語の解説〉	D S	MCI	小島 逸 平	35
	防水工事用アスファルト			
	溶剤脱れきアスファルト		井町 弘 光	58

アスファルト舗装技術研究グループ・第13回研究報告	36
セッション I Pavement Design 舗装設計	38
セッション II Verification 検証	42
セッション III Evaluation 評価	45
セッション IV Pavement Management System 舗装管理システム	48
セッション V Rehabilitation 修繕	51
セッション VI Material Properties 材料特性	54

弾性理論のアスファルト舗装への利用 シエルの研究成果より	59
統計資料・石油アスファルト需給統計資料	64

ASPHALT

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

舗装技術とエレクトロニクス

阿部 頼 政*

1. はじめに

世に言う情報化時代、これはエレクトロニクスの産物である。土と油にまみれた舗装の分野にも、時代の波は着実に浸透してきており、様々な形をとってエレクトロニクスが舗装技術の一端を担っている。

本特集はこの点に焦点をあて、舗装技術におけるエレクトロニクスの利用を一覧しようとするものであるが、まずここでは、エレクトロニクスの概要を簡単に考察して頭を整理しておこう。

2. エレクトロニクスの発達

エレクトロニクスとは電子（エレクトロン）の特性を利用する技術の総称で、大学の学科名では電子工学科がこれに相当する。原子が原子核と電子から構成されていることは高校時代の物理の知識であるが、真空の中における電子の動きを利用すると弱い電波を強くして取り出せることが20世紀初頭に発見され、通信に利用されるようになった。いわゆる真空管時代、エレクトロニクスの幕あけである。その後、1950年代に入ってからシリコンやゲルマニウムなどの半導体も真空管と同じ働きをすることが明らかとなり、これらの結晶を利用したトランジスタが誕生した。1960年代には、装置の小型化、高性能化が進み、集積回路（IC）、大型集積回路（LSI）の時代に入り、現在もさらに集積化が試みられている。

3. エレクトロニクスの機能

原理の上では単に電子の動きを利用することにすぎないが、数々の発明、発見が積み重なり、工業技術が進むとエレクトロニクスは我々に限りない恩恵をもたらしてくれる。ここでは、エレクトロニクスが有する機能について一覧する。

(1) 情報の検出

電子の動きは、熱、光、力などのエネルギーによって影響を受ける。この性質を逆に利用すれば、電子の動き方を測定することにより、熱、光、力などの大きさを知

ることができる。そのため、これらを電気信号として取り出す検出器（センサー）が目的に応じて開発されており、舗装においても、実験室の測定機、プラント、施工機械などに広く利用されている。

(2) 情報の伝達

エレクトロニクスの最も得意とする一分野であり、通信の迅速化に対する願望がエレクトロニクスを発達させてきたとも言える。電話、ラジオ、テレビなど、日常生活に欠くべからざるものとなっている。

(3) 情報の処理

これはコンピュータに代表される。大量の情報を迅速に処理し、複雑な計算も短時間に行なえるという意味で、舗装技術においてもコンピュータの重要性がとみに認識されつつある。これについては、後に考察する。

(4) 情報の記憶

辞書を内蔵したワードプロセッサの利用が急速に進んでいる。また、VTRやカセットデッキの普及も眼をみはるものがある。これらは、いずれもエレクトロニクスを記憶、記録に利用した例であるが、通常使用されているコンピュータも記憶装置を有することは言うまでもなく、舗装においてはデータバンクの作成が盛んになってきている。

(5) 情報の制御

センサーから伝達されてきた情報を処理し、機械の動きを制御する手段としてマイクロコンピュータが使用されている。機械の自動化、たとえば、冷暖房器、洗濯機、電子レンジなどは、エレクトロニクスの発達によるものである。

(6) 情報の表示

テレビの画像、時計、電卓などにエレクトロニクスによる表示例を見ることができる。また、入力データが画面にそのまま表示される便利さが、パーソナルコンピュータの普及を助長していると言えよう。

4. コンピュータについて

筆者の学生時代（約20年前）、測量実習の計算では、ソロバンのできるものが重宝がられた。当時、各研究室

* あべ・よりまさ 日本大学理工学部土木工学科助教授

に備えられ始めたタイガーの手廻し計算機を使うには、順番を待たねばならなかった。ソロバンとタイガー計算機、そして丸善の対数表は作業の必需品であった。

現在、学生はほとんど全員が自分用の計算機を所持しており、それも手帳程度の大きさで対数計算はもとより簡単なプログラムも組めるものが多い。まさに隔世の感がある。人間の手の動きと電子の動きでは、スピードに文字通り桁違いの差があり、技術革新の波にも乗って、計算機はすばらしい進歩をとげた。

コンピュータの発達には、容量の大型化、装置の小型化、計算の高速化としてとらえることができる。これらは不離不即の関係にあり、装置の小型化が容量の大型化を生み、これが結果として計算の高速化につながるのである。真空管とトランジスタの差はそれ自体画期的なものであったが、現在ではわずか数mmのシリコン板で10万個のトランジスタに匹敵する容量を持つICも出現している。これと同様な性能を真空管に求めたら、装置全体が何百トンかになると思われることから考えてもエレクトロニクスの進歩、そしてコンピュータの高性能化の一端がうかがえる。

現在、コンピュータは容量によって、大型コンピュータ、ミニコンピュータ、パーソナルコンピュータのように使い分けられている。しかし、容量の差も相対的な意味合いが強く、今後の技術開発によって、それぞれがますます高性能化するものと思われる。

5. 舗装への応用

経験工学と言われている舗装の分野においても、エレクトロニクスの利用は急速に進み始めており、今後ますますエレクトロニクスに依存する度合いが強まることと思われる。ここでは、舗装の各段階においていかなる利用例があるか一覧しておこう。

(1) 計画、設計

舗装の計画は一般に行政側の仕事であり、その遂行にあたっては、予算、道路状況、交通状況など数多くの因子を考慮しなければならない。そのため、データバンク、管理システムを整備するとともに、コンピュータによるシミュレーションなどを行なって計画に役立てている。

舗装の構造設計は「アスファルト舗装要綱」あるいは「簡易舗装要綱」にしたがって行なわれるが、この間、

比較設計にコンピュータが利用されるケースは多い。特に、多層弾性論などを併用して設計をチェックするような場合はなおさらである。また、最近では、維持、管理までも含めた舗装管理システムの一部として計画、設計をとらえようとする考え方があり、この場合は、コンピュータが多大の力を発揮する。

(2) 施工

合材製造プラントにおける機械の自動制御、フィニッシャーなどの施工機械、合材の温度管理など、エレクトロニクスは広く利用されている。

(3) 維持・管理

舗装の維持・管理を合理的に行なうには、舗装の構成、路床土の状況、交通量などの基礎的データを必要に応じて摘出できるように整えておく必要がある。このため、コンピュータを利用したデータバンクの作成が各種の機関で検討され、一部実用化されている。また、舗装の破壊状況の調査には、レーザー光線を利用した測定機など、測定とデータ処理の高速化を目指した新しい機械が登場し、今後の活用が期待されている。

上記のような利用の実例について、以下それぞれの分野における専門家が解説を担当する。

6. おわりに

電話のメカニズムを知らなくとも、電話を利用することに抵抗を感じる人は少ない。テレビ、冷暖房器しかりである。コンピュータも同様のはずであるが、これにはアレルギーを起す人が多い。慣れていないことと、使い方がまだ面倒なためであろう。しかし、小、中学生がプラモデルを作るのと変りなく、マイコンにとりくんでいる時代であり、コンピュータを知らなくては変人あつかいされる時期もそう遠い先ではない。舗装技術においても、積極的にエレクトロニクスを導入していく必要がある。

参考文献

- 「特集・コンピュータを使う」土木学会誌、1982-5
- 「特集・道路とコンピュータ」道路セミナー、1981-7
- 鈴木良次著「エレクトロニクスのことがわかる本」日本実業出版社 1982-5

設計・積算におけるエレクトロニクスの導入

長 坂 清 吉*

1. あらまし

舗装は、交通車両等を円滑に走行できるようにするとともに、交通荷重を分散させ安定した路面を形成し、気象作用等、その他の外力に対しても安定した道路面とするために、設ける施設である。

云うまでもなく、舗装の種類を大別するとアスファルト舗装とコンクリート舗装に分けることができるが、ここでは前者のアスファルト舗装を対象とする。

アスファルト舗装とはアスファルト舗装要綱によると、骨材を瀝青材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ある。

従ってアスファルト舗装の設計にあたっては、線形、路面の計画高など位置的なものや、横断形状などを定める作業並びに、表層の上面を走行する大型車交通量、および路盤の下部、即ち路床上の支持力、さらに気象状況等をもとに、その地域で最も効果的であると思われる舗装の構造を定める作業、また、これら定まった、構造をもとに適切な工事量を算出し、この工事施行に要する費用を積み上げる、積算作業が必要となる。

これらの手順を流れ図にすると、およそ図-1のようになる。以下このような作業が現在どのような手法で行われ、かつ、電子計算機がどのような部分に使用されているかと云った実態について記述する。

2. 位置および形状の設計

平面線形・路面の計画高など位置的なもの、および横断形状などはバイパス等、新設工事の場合、既に改良工事の前に基本形として設計されている。しかし部分的な修正や、現道拡巾工事および維持・修繕工事などの場合は一応の設計値があるようなものの、現況に応じ、若干の修正を加え乍ら最も有効な設計を行うこととしている。

従来このような場合は現地の実測値を基に手計算によって設計値を調整しながら作業していたが、最近ではオーバーレイなどの設計において、最も煩雑な計画高を検討する時の多量なデータの解析および、作図作業などに

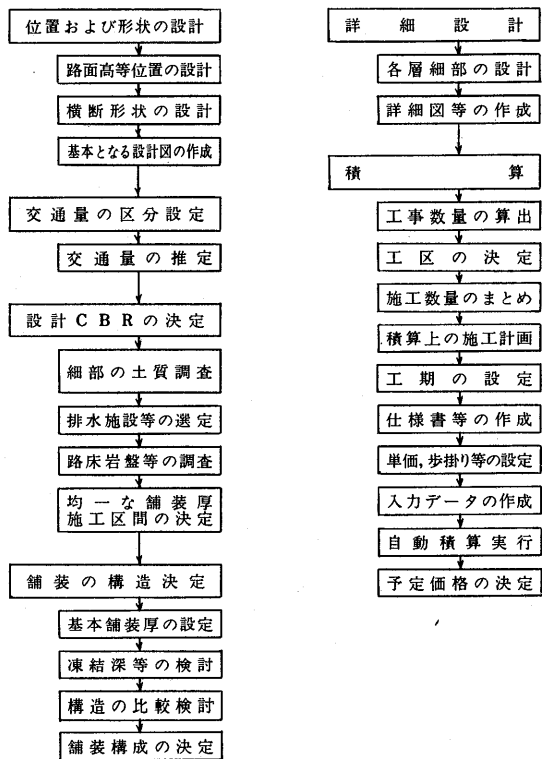


図-1 アスファルト舗装の設計・積算手順の流れ

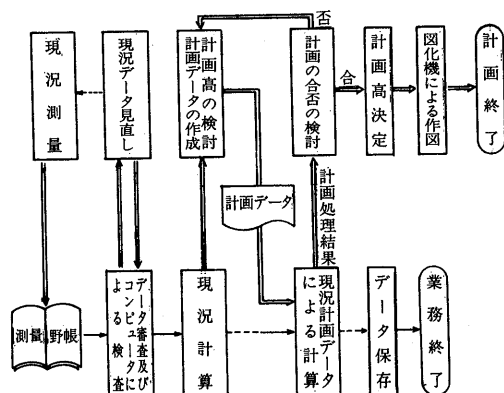


図-2 計画高決定および作図の手順

電子計算機が利用されている。

計画決定および作図手順の一例を図-2に、また作図

* ながさか・せいきち 建設省関東地域建設道路工事課長補佐

成果の一例を図-3に示す。なお今後は作業の煩雑を避けることもさることながら、将来の情報利用を考慮し、バイパス等の新設工事をも含めた、全工事の位置および形状等、含んだ諸情報を、将来のメンテナンスなどに随時使えるよう、電子計算機の利用範囲を拡げて行くことが望ましい。

3. 舗装の構造設計

舗装の構造設計には図-1で示すように、交通量の区分設定から、基本舗装厚が設定されるまでの基本設計とこれらを基に、諸条件を勘案して、舗装構成を決定するまでの、構造の比較検討を行う比較設計があり、さらに各層の材質・配合、と排水施設の位置・形状、材質等を定める詳細設計がある。

(1) 基本設計

アスファルト舗装は、交通荷重に耐える十分な厚さをもち、表層から路盤までの各層が力学的に釣り合いのとれたかたちで、構成されなければならない。従って、舗装の構造は表層から路床に向って、順次、質の程度を落とし、全体的に経済性を考慮し、さらにわだち掘れ、ひびわれ、摩耗などの対策に意を注ぎ、アスファルト舗装要綱に準じて、次のようなことを基本に設計している。

(イ) 舗装の構成と名称

アスファルト舗装は図-4に示すように、路床上に路盤、基層および表層の順に構成され、場合によっては路床の土および地下水が路盤に侵入するのを防止するために、しゃ断層を路床の一部に設けることがある。また、すべりや摩耗を防ぐために表層の上にさらに、摩耗層を設けることがある。

(ロ) 交通量の区分設定

舗装体の寿命の長短は一般に大型車通過とスバイクタイおよびタイヤチェーンによる破壊などが大きく左右されると言われている。

区分の方法としては5年後の大型車、一日一方向、当りを推定して表-1の区分で決定している。推定交通量の設定に当たっては、OD調査等の資料を基に電子計算機を使用して交通の解析を行っている、一般に直轄道路の場合は概ね、C、D交通で、なかでもD交通が主体を占めている。

(ハ) 設計CBRの決定

舗装計画 全区間内の路床部にあたる路床土各点のCBR試験を行い、これらの結果を基に、さらに路床部が岩盤の場合なども考慮して均一な舗装厚で施工する区間を設定し、適切な設計CBRを決定している。

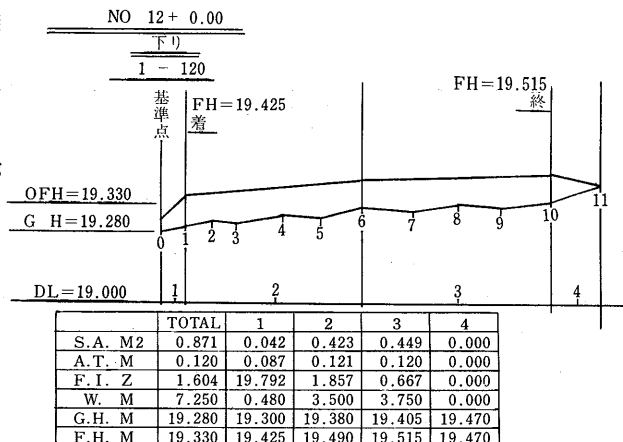


図-3 作図成果の一例

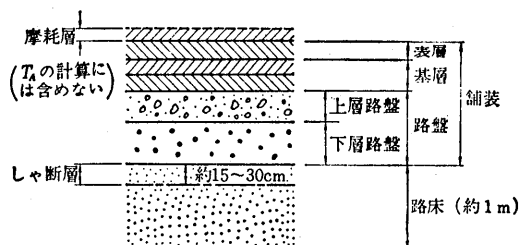


図-4 アスファルト舗装の構成と各層の名称

表-1 交通量の区分

交通量の区分	大型車交通量(台/日・一方向)
L 交通	100 未満
A 交通	100 以上 250 未満
B 交通	250 以上 1,000 未満
C 交通	1,000 以上 3,000 未満
D 交通	3,000 以上

表-2 T_A と合計厚の目標値

設計CBR	目標とする値 cm									
	L交通		A交通		B交通		C交通		D交通	
	T_A	合計厚	T_A	合計厚	T_A	合計厚	T_A	合計厚	T_A	合計厚
2	17	52	21	61	29	74	39	90	51	105
3	15	41	19	48	26	58	35	70	45	83
4	14	35	18	41	24	49	32	59	41	70
6	12	27	16	32	21	38	28	47	37	55
8	11	23	14	27	19	32	26	39	34	46
12	—	—	13	21	17	26	23	31	30	36
20 以上	—	—	—	—	—	—	20	23	26	27

【注1】 ここでいう T_A とは、舗装をすべて表層基層用加熱アスファルト混合物で行う場合に必要となる厚さを示している

【注2】 ここでいう設計CBR4とは、4以上6未満を示す。

【注3】 路床が深さ方向に異なる場合で、設計CBRが3未満であっても、最上層のCBRが3以上で厚さが30cm以上あればしゃ断層を設ける必要はない。

なお設計CBRが2未満の場合は良質な材料による置き換え、または石灰・セメント等による地盤の改良を行っている。

(ニ) 基本舗装厚の設定

該当の交通量区分と設計CBR値をもとに、表-2の

目標値をクリアするような舗装構成を設定する。

(2) 比較設計

実際に適用する舗装の構造は、その地区ごとに多種多様な条件があるのでこれらを勘案し、(1)の基本設計を基にして比較検討を加え、構成を決定するのであるがその条件とは地形・環境・気象および施工性・統一性、などがありこれらを適切に配慮し、さらに経済性を加味して、その地区で最良と思われる、構造を決定することが大事である。

従って通常は各条件のなかで、施工性・統一性に重点をおき、これら同一条件の下で、経済的な比較、検討を行い、最も効果的であると思われる構造を選ぶこととしている。

選ぶ手法については過去の実績等を重視して、現在まで手計算によったものであるが、今後は即時に諸条件・諸情勢に適応できる状態となるよう電子計算機を利用すべく検討中である。

表一3は舗装の構造を種々比較検討の結果得られた、舗装構成の一例である。

4. 積算

積算の作業内容は図一1のごとく、工区を設定し施工数量をまとめる作業、積算上の施工計画を基に仕様書、積算書など作成する作業および工期を決定する工程関連作業などがある。

(1) 積算の現況

積算は該当の工事施行に要する最も妥当な費用を合法的に積み上げ計算する作業であって、短期間で算出する

表一3 D交通（粒状碎石の場合）の舗装構成

呼び名	設計 CBR	表層 細粒度又は 密粒度 アスコン	基層 粗粒度 アスコン	上層 アスファ ルト 安定処理	路盤 粒調碎石	下層路盤 切込碎石	TA	合計厚	摘 要
AD 2	2※	5	10	20	30	40	51.5	105	TA> 51 厚> 105
AD 3	3	5	10	20	20	30	45.5	85	TA> 45 厚> 83
AD 4	4	5	10	15	20	30	41.5	80	TA> 41 厚> 70
AD 6	6	5	10	10	20	30	37.5	75	TA> 37 厚> 55
AD 8	8	5	10	10	15	25	34.5	65	TA> 34 厚> 46
AD12	12	5	10	10	10	15	30.3	50	TA> 30 厚> 36
AD20	20以上	5	10	8	—	20	26.4	43	TA> 26 厚> 27

C, D交通とも※印にはしゃ断層を設ける。しゃ断層の厚さは20cmを標準とする。

ことが要求され、かつ、手分けして作業分担することが比較的困難であることから、省力化を主眼として昭和40年代後半から電子計算機による、システム化が進み、殆んどの組織において、何らかの自動化がなされている。一方で積算基準の標準化が整備されつつあることが、自動積算化を容易ならしめていることも忘れてはならない。

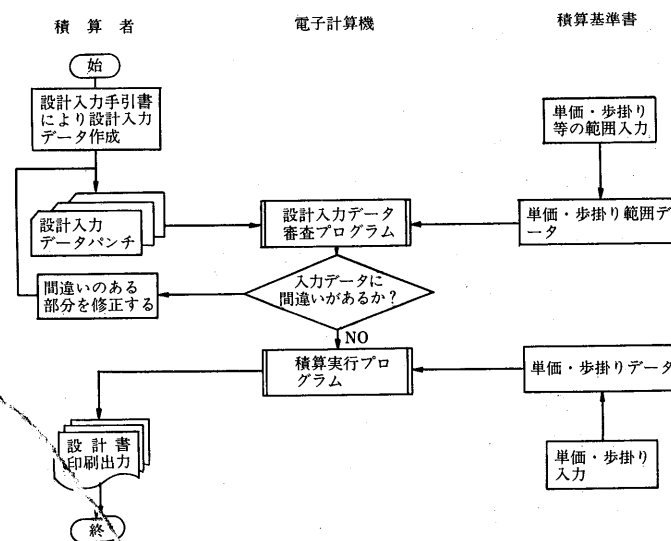
ここで数多くみられる自動積算のシステムについて簡単に触れてみる。

電子計算機に設計入力データを読み込ませて、設計書（工事費積算書）を得るまでの手順は概ね図一5のようになる。

まず、積算者は設計入力データを作成し、パンチを行い入力データの審査、プログラムを通して間違いの個所を知る、審査プログラムは前もって入力データ値のレンジ（範囲）を知り、それにはずれるものについては、積算者にエラーメッセージが出る、それにもとづいて、もう一度パンチしてふたたび審査プログラムを通す。

完全にエラーが消えて、はじめて積算実行プログラムを動作させる。プログラム自身、単価や歩掛りについてはすでに知り得ているので、入力データと照合したりして単価と歩掛りとの演算をくり返し積み上げを行い、積算者に印刷出力する。

電子計算機はもともと、「大型そろばん」の域を出ていないため、入力データとするためには、おのおのを計数化する必要がある。単価や歩掛りについてはまさに数値であるので問題はないが、設計条件、例えば土質、山間部、夜間等といった、ある現象を入力データとする時はそれらのある数値にする（計量化とも言える）作業が煩わしく、大きな欠



図一5 自動積算のフロー

点としてあげることが出来る。

よって設計入力データは、ただ単に数値の羅列でしかないため、単純ミスや条件適用の違い等は避けられない状況下にあることは否めない。

これらを解消するためには、自動積算の改善もさることながら、各施工単価毎にチェック、システムを設けるような、幅広い工夫が必要と思われる。

(2) 工程管理

設計上または積算上、用いられる工程は設計者側が一方的に計画して積算の根拠としたものであり、これらの計画・管理については、従来電子計算機によった例が少ない。しかし実際の現場施工での工程管理にあたっては、その都度、情報が必要でありこれらを基に予測せねばならないこともあって今後の活用が大いに望まれる。

5. まとめ

アスファルト舗装の設計にあたって現在、電子計算機が使用されているのは、比較的、煩雑な部分であって、トライアルを必要とするような、設計作業の一部および工事費用を積み上げる積算作業などに使われている。

現在までの電子計算機の利用はどちらかと言うと、設計積算等の作業の煩わしさおよび煩雑解消を主体として

用いられてきた。しかし今後は省力化は勿論のこと、むしろ舗装寿命をいかに長持ちさせるかと云う観点から、舗装構造のバランスのとれた設計、並びに、アスファルトの宿命とも云うべき、わだち掘れ・ひびわれ・摩耗など、現実のものより、さらに低減させる、最も有効な表層・基層等の配合および材質などの設計に活用できるよう、開発することが課題と思われる。

また、舗装は調査、設計、建設、供用、維持修繕と一連のサイクルがあって、これら各段階の施行にあたり、その都度、以前のデータ（情報）が必要となる。

従って、各段階の経歴、実態等を蓄積する、情報保存システムを設けると便利であるが、各段階で発生する情報は膨大なものであり、この情報を整理加工し、次の段階、施工に役立て、更に将来予測も含めた情報が得られるように工夫する必要がある。

これらの情報を基に、全体的に最も経済的となるような、舗装構造の設計および舗装打替え等の修繕など施行時期が選べるような、システムの開発が望まれる。

参考文献

アスファルト舗装要綱（日本道路協会）

「舗装」DeC, 1982, 舗装の情報化, (川島義昭)

会 員 研 修 会 予 告

1. 日時 昭和58年6月3日（金）午後1時30分～4時
2. 講義内容 (1) 挨拶
(2) 激動する国際石油情勢と今後の課題
三菱石油㈱社長付兼海外事業開発部次長 牛 島 俊 明
3. 場所 東京農林年金会館（東京、港区虎ノ門4-1-1 TEL 03-432-7261）
＜交通＞地下鉄／（日比谷線）神谷町2分（銀座線）虎ノ門10分

注. ① 申込 ハガキ又は電話で昭和58年5月15日までに（会員の場合）

ただし定員（300名）になり次第締切ります。

② 定員に余裕が生じた場合、一般の方の参加を歓迎します。

申込は昭和58年5月16日～31日まで

③ 受講料 2,000 円（日本アスファルト協会 03-502-3956）

維持管理・補修へのエレクトロニクスの利用

岡村 真*

1. 概説

路面性状の調査については、近年、写真撮影等による自動測定が可能となり、しかも、電算処理することでデータ出力まで一貫して行うことができるようになってきた。

建設省では、昭和50年代初頭より一部の地方建設局で維持修繕計画の基礎資料とするため、測定効率のよいこれらの機器を用いた路面性状のデータを中心とした舗装のデータベース化が進められてきた。昭和54年度からは、建設省内で統一したバンクを各地方建設局ごとに持つべく、本省道路局を中心に検討している。

以下、現在検討中のデータベースシステムについて紹介する。

2. 目的および位置付け

舗装データベースは、舗装関係の基礎資料を電算処理することで適切な形態に保持し、必要に応じて舗装の統計資料を得るとともに、維持修繕計画を立案するための各種の資料を作成することを目的としている。

道路に関するデータベースは、舗装に限らず表一1に示すように各種のデータベースを考えることができる。直轄国道においては、それらのデータの連結は路線名と距離標によって行う方法が最も簡潔で実用的である。したがって、舗装データベースにおける各種のデータも路線名と距離標によって連結させる方法を採用している。

3. 入力情報

バンクに入力する情報は、当面次の4種類としている。

I. 道路管理データ

- (1) 路線番号
- (2) 管理担当工事々務所、出張所
- (3) 都道府県・市区町村
- (4) キロポスト間距離

II. 道路特性データ

- (1) 車線数

表一1 データバンクの種類

No.	名 称	入 力 情 報	利 用 法
1	道路管理データベース	道路種別、起終点名、実延長、構造別延長、歩道延長、使用開始年月、植樹帯	道路管理 道路統計
2	道路交通	幾何条件 幅員構成 交通量	局部改良および バイパスの計画 道路の整備水準
3	舗 装	舗装構成 交通量 路面性状	維持修繕計画
4	道路環境	交通量 沿道条件 騒音、振動、大気汚染	道路公害対策
5	交通安全	幾何条件、交差点(交差方式) 事故率 安全施設、標識	交通安全事業計画
6	橋 梁		
7	トンネル		

- (2) 大型車交通量による道路区分
- (3) 路床土のCBR
- (4) T_A
- (5) 地域区分(その1) → 一般、雪寒地域の別
- (6) 地域区分(その2) → D I D、市街地、平地、山地の別
- (7) 道路構造物
- (8) 舗設年月
- (9) 交差点の有無

III. 路面性状データ

- (1) ひびわれ率
- (2) わだち掘れ量
- (3) 縦断凹凸量
- (4) 路面種別

IV. 施工・補修データ

- (1) 施工方法
- (2) 施工厚
- (3) 施工材料
- (4) 舗装構成
- (5) 路床改良の有無
- (6) 路床土の実測CBR
- (7) 実測 T_A

4. 運用体制

運用については、当面各地建単位で体制を整えて軌道に乗せてゆくこととしている。昭和57年度中に、後述の5つの様式を共通様式として、それらを出力するプログ

*おかむら・まこと 建設省土木研究所舗装研究室

ラムを中心とした舗装データバンクシステムを確立し、昭和58年度より各地建で運用してゆく予定である。

地建の体制としては、本局を中心とし、道路管理、道路特性データの収集、路面性状調査及び施工補修データの作成を各工事事務所で行い、データの入力、更新及び出力作業を技術事務所で行う予定の地建が多い。

5. 出力様式と利用

出力としては、様式-1 路面性状データ一覧表

” 2 供用レベル図

” 3 度数分布表

” 4 ヒストグラム

” 5 維持修繕区間リスト

の5様式を当面考えている。(様式-1～5の表、図は本文末尾に掲載)

出力パターンは、様式-1,2は事務所、出張所、路線別に打ち出せるようになっており、さらに様式-3,4は路面種類別、調査項目ごと(ひびわれ、平均わだち掘れ、最大わだち掘れ、縦断凹凸、MCI)にも打ち出せる。

また、様式-5ではガイドラインを自由に設定出来るように考えている。

これらの様式は、本局、事務所、出張所における管理区間の現況把握、工法検討資料、及び予算関係資料のデータとしての利用が考えられる。

さらに今後、各地建独自の利用方法も考案されることが予想され、本省等においては、全データをもとに全国レベルでの利用も検討されてゆくことになるだろう。

また、長期的にみればよりよい舗装構造の提案も考えられ、各種データバンクとの結合からあらゆる資料を簡単に得ることが可能となろう。

6. システムの概要

図-1～2にシステムのフローを示したが、その概要をジョブ別に示すと以下ようになる。

I. ジョブ(1)の処理

(1) チェックと変換(1)

・管理、特性データおよび施工補修データ(1)、(2)を入力し各項目の妥当性のチェックを行い、エラーデータについてはチェックリストにその内容をプリントアウトする。

・エラーのないデータについては、バンク用のKEYを作成し、それを付加して中間ファイル(1)に出力する。

(2) データバンク更新(1)

・処理コード、"N(入力)"、"S(修正)"、"K(消去)"

に基づき、管理、特性データおよび施工補修データ(1)、(2)の登録、変更削除をバンクに対して行う。この時、バンク内のKp(キロポスト)(自)、Kp(至)と各データのそれと照合し、妥当でないデータは更新リスト(1)にその内容をプリントアウトする。

・登録、変更、削除した内容をブルー用として更新リスト(1)にプリントアウトする。

(注) 上述のいずれかの処理でエラーがあれば、エラーデータを修正しエラーデータのみについて再度(1)より処理する。

II. ジョブ(2)の処理

(1) チェックと変換(2)

・路面性状データを入力し、各項目の妥当性のチェックを行い、エラーデータについては、チェックリストにその内容をプリントアウトする。

・エラーのないデータについては、データバンク用のKEYを作成し、それを付加して中間ファイル(2)に出力する。

(注) エラーがある場合は次の処理に進まず、修正後のデータで本処理を再度行う。

(2) データバンク更新(2)

・バンク内の路面性状データを中間ファイル(2)の路面性状データで、該当する路線、Kp(自)、Kp(至)の範囲を差替え又は追加登録する。

・差替え又は追加登録した範囲の新旧のデータを更新リスト(2)にプリントアウトする。

III. ジョブ(3)の処理

(1) 帳票用ファイル作成処理

・バンク内の各種データより、出力指示パラメータの条件に合致したレコードを抽出し、帳票用ファイルを作成する。

・この時、予測値の計算も行う。

(注) 路面性状調査はおおむね3年に1度行うこととしており、未調査箇所は予測式を用いて予測するよう考えている。

路面性状の経年変化を影響を及ぼす要因によって予測することは、単に調査量が削減出来るということだけではなく、舗装の維持修繕計画を作成する上でたいへん有用である。

(2) 帳票作成および作図

・出力様式-1, 3, 5の内、出力指示パラメータで指定された様式を作表する。

・出力様式-2, 4の内、出力指示パラメータで指定された様式を作図テープに出力する。

IV. ジョブ(4)の処理

(1) 検証リスト作成

。検証パラメータの分類コードで指定されたデータをバンクより入力し、路線番号が等しく、かつ Kp(自)より Kp(至)の範囲のデータを抽出し検証リストに出力する。

V. ジョブ(5)の処理

(1) データバンク更新(3)

。上り下り別、車線番号変更カードの分類コードで指定されたバンク内のデータで、路線番号、旧上り下り別、旧車線番号に等しく、かつ Kp(自)より Kp(至)の範囲内にある全てのデータについて、新上り下り別又は車線番号で置き換える。
。変更した内容を変更リストに出力する。

VI. ジョブ(6)の処理

(1) データバンク名称情報メンテナンス

。バンクの名称情報部をメンテナンスカードの処理コード、"N", "S", "K"に基づき、登録、変更削除処理を行う。
。メンテナンス内容を変更リスト出力する。

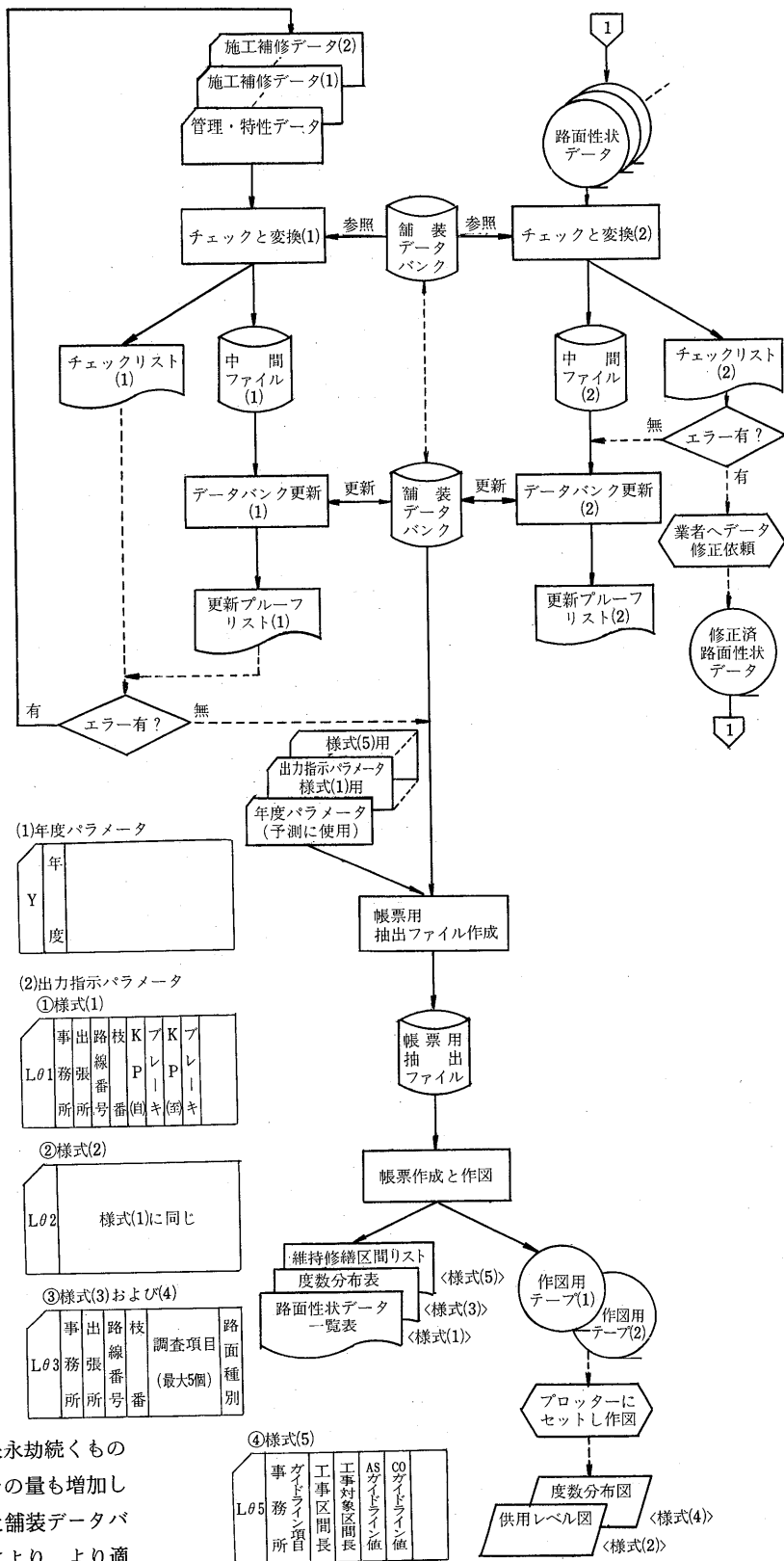
VII. ジョブ(7)の処理

(1) 舗装データバンクの保管

。ディスク内データバンクを磁気テープに保管する。

7. あとがき

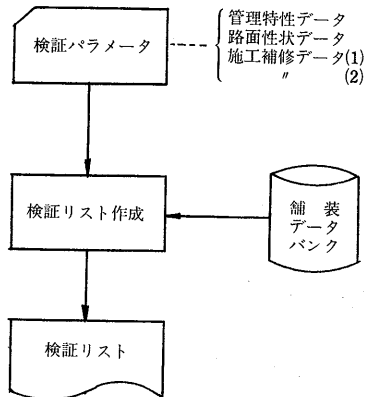
舗装の維持管理、補修は未来永劫続くものであり、毎年の新設とともにその量も増加している。電子計算機を利用した舗装データバンクシステムを確立することにより、より適確な維持管理が行えるものと期待している。



図一1 システムメインフローチャート

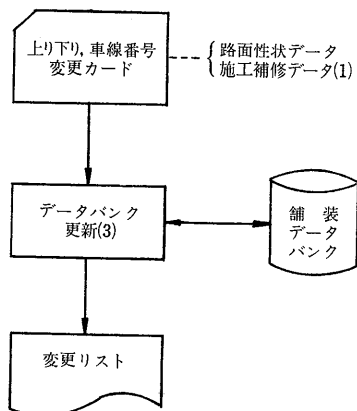
(3)検証パラメータ

分類コード	路線番号	枝線番号	旧車線番号	新車線番号	舗装データ	舗装データ	舗装データ
K		P	P	P			



(4)上り下り別・車線番号変更カード

分類コード	路線番号	枝線番号	旧車線番号	新車線番号	舗装データ	舗装データ	舗装データ
M		P	P	P			



(5)データバンク名称情報メンテナンスカード

処理コード	種別コード	名称	名称
C			

①処理コード

- *N...登録
- *S...変更
- *K...削除

②種別コード

- 01...分類コード
- 02...路線番号
- 03...事務所・出張所
- 04...都道府県コード
- 05...構造物
- 06...施工方法
- 07...粒度分布
- 08...最大粒度径
- 09...路盤材料
- 10...バインダ及び工法

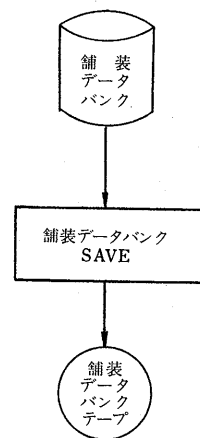
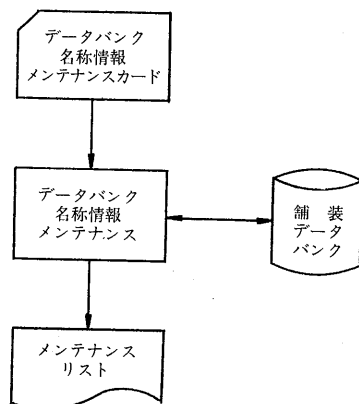
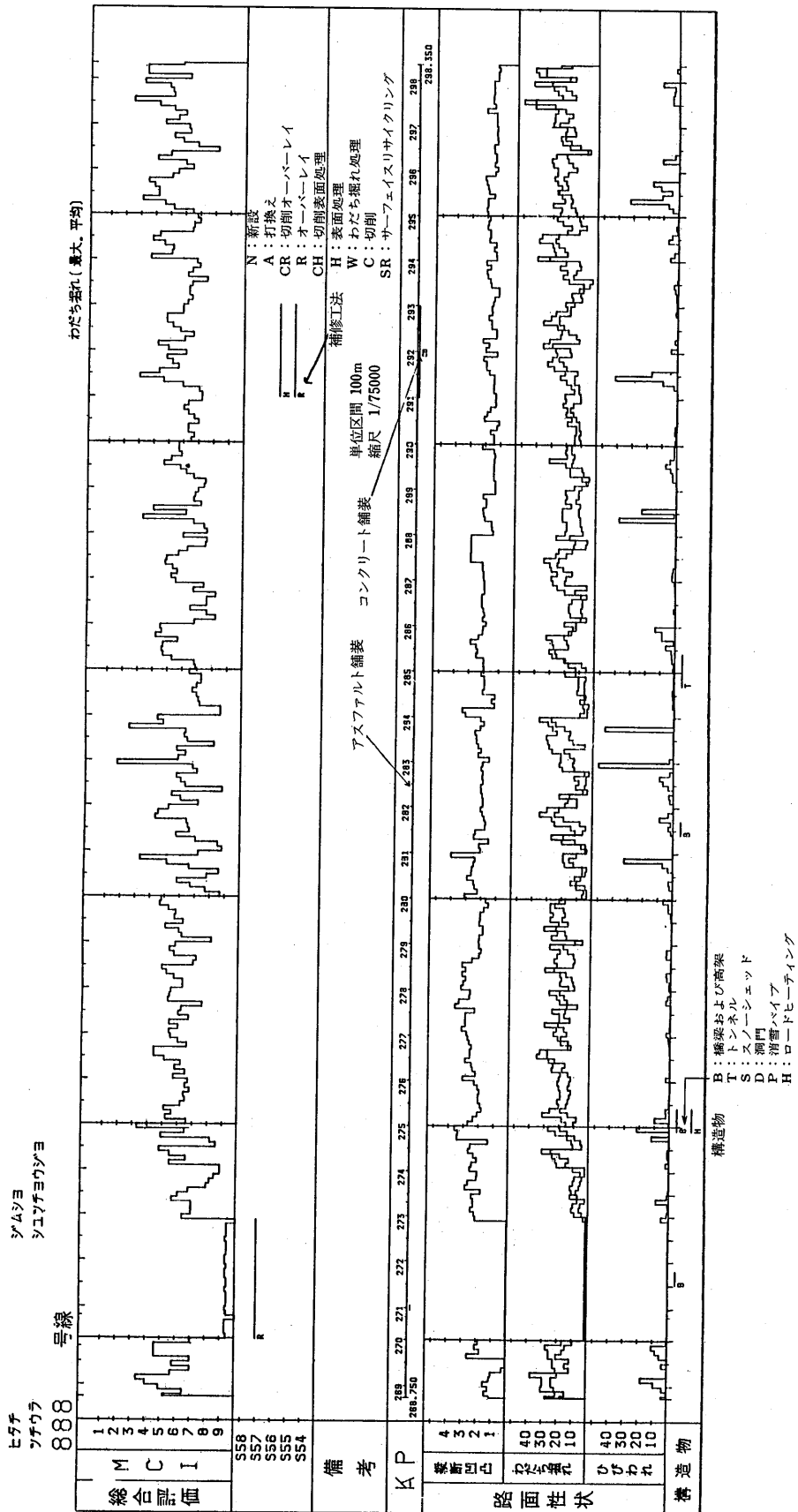


図-2 システムサブフローチャート (その1)

ヒタチ
ツチウラ
イハムラギ
888 ケン
コムゲン

P: 消雪パイプ
H: ロードヒーティング
CR: 切削オーバーレイ
SR: サーフェイスリサイクリング

様式-2 供用レベル図 (58年度)



様式-3 度数分布表

↑ MCI, ひびわれ, 縦断凹凸, わだち掘れについて出力できる

(S58-02-27) M C I ト ス ウ フ ヌ ン フ ° ヒ ヨ ウ (S 58)

全体, 事務所, 出張所, 路線別に出力できる

ヒタチ
ツチクラ
888
シムツチヨウシヨ
コウケン

(ロメウ : AS+CO) ←アスファルト, コンクリート, 混在別に出力できる

(マンセキ : 10000 M**2)

0.0-0.4 0.5-0.9 1.0-1.4 1.5-1.9 2.0-2.4 2.5-2.9 3.0-3.4 3.5-3.9 4.0-4.4 4.5-4.9 5.0-5.4 5.5-5.9 6.0-6.4 6.5-6.9 7.0-
↑ 15分割 (ひびわれ→5%, わだち掘れ→5mm, 平坦性→0.5mm, MCI→0.5)

マンセキ	0.0	0.4	0.5	0.9	1.0	1.4	1.5	1.9	2.0	2.4	2.5	2.9	3.0	3.4	3.5	3.9	4.0	4.4	4.5	4.9	5.0	5.4	5.5	5.9	6.0	6.4	6.5	6.9	7.0	
(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.3	0.3	0.9	1.8	1.9	2.4	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	5.5
(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	3.2	1.6	1.6	4.7	9.5	10.0	12.6	14.3	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	28.9

ルイセキ

マンセキ	0.0	0.4	0.5	0.9	1.0	1.4	1.5	1.9	2.0	2.4	2.5	2.9	3.0	3.4	3.5	3.9	4.0	4.4	4.5	4.9	5.0	5.4	5.5	5.9	6.0	6.4	6.5	6.9	7.0	
(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	4.2	5.8	5.8	10.5	20.0	30.0	42.6	56.9	71.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

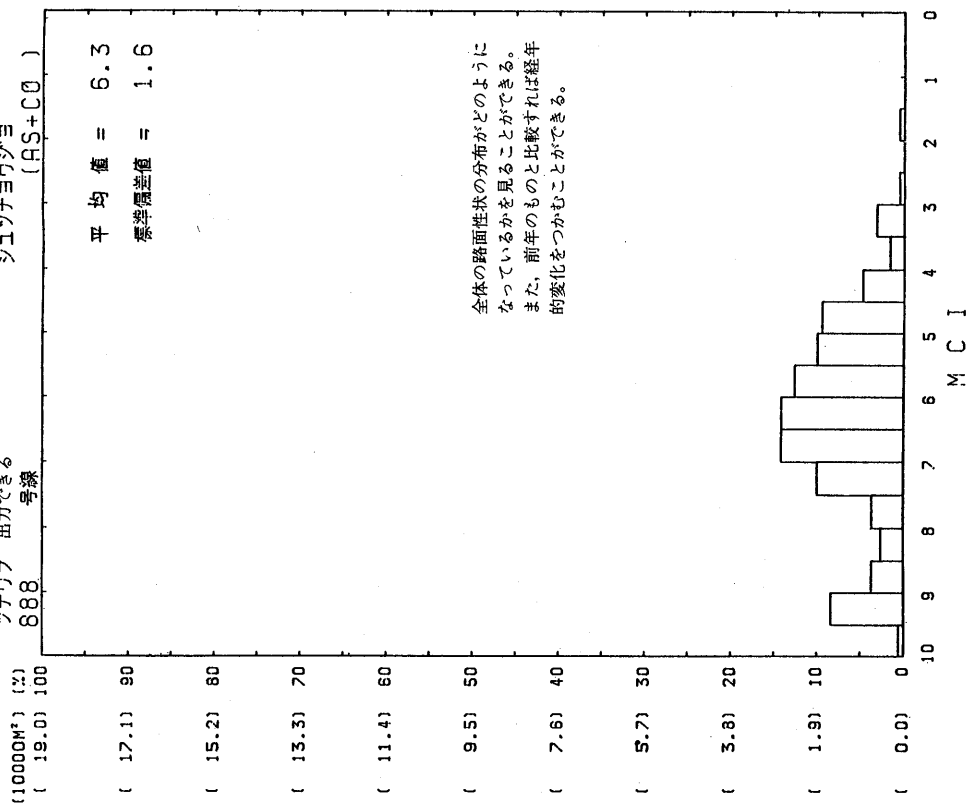
ハイケン= 6.3 ヒヨウシマインハンガ= 1.6

様式-4 ヒストグラム

ひびわれ、わだち掘れ、縦断凹凸、MCIについて出力できる

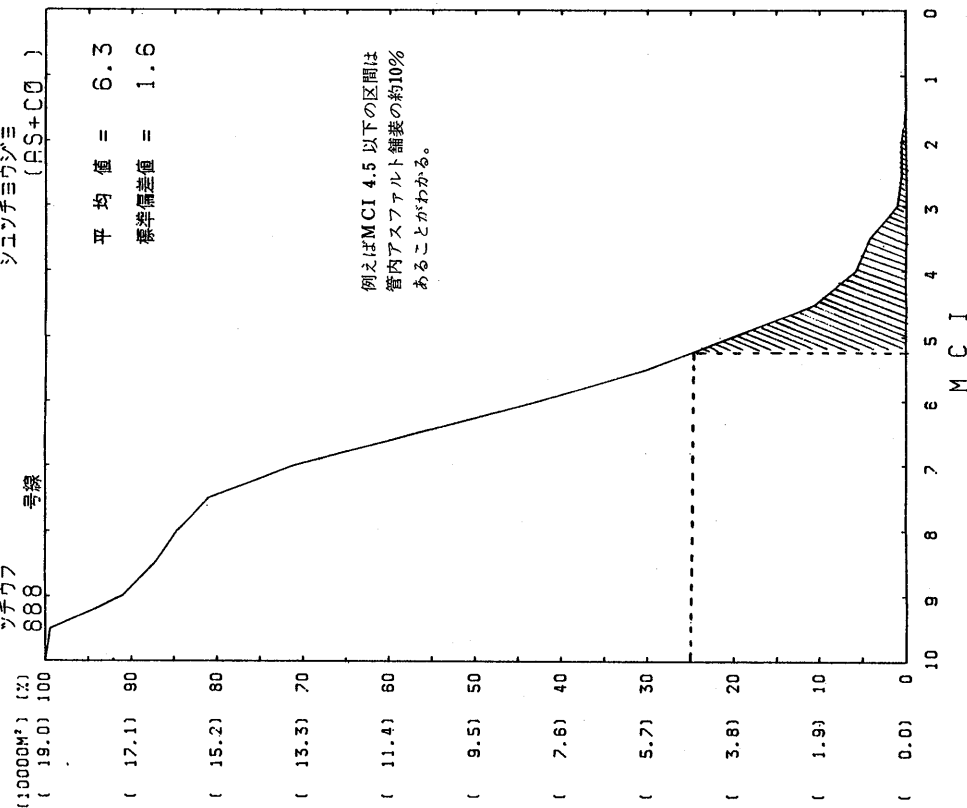
MCI 相対度数 (S58)

ヒタチ ← 全体、事務所、出張所、路線別に ジムシヨ
ンチウラ 出力できる
888 路線



MCI 累積相対度数 (S58)

ヒタチ
ンチウラ
888 路線



様式－5 維持修繕候補区間リスト

[illegible]

維持修繕候補区間の選出方法
前述した各種の出力結果から維持修繕区間のガイドラインを決めるわけであるが、選出方法は次のように考えた。

① MCI が NW 以下である区間が Y (m) 中に X (m) 以上ある区間を抽出せよ。
② ひびわれ (または、わだちぬれ、縦断凹凸) 量が NW 以上である区間が Y (m) 以上ある区間を抽出せよ。

供用性調査とエレクトロニクス

丹 治 和 裕*

1. まえがき

現在、建設省等の諸機関では舗装の調査をはじめ調査データのバンク化、供用性評価式の開発、さらには長期的な維持修繕計画のための予測式の開発などがなされ、舗装の合理的な維持修繕ならびに維持修繕計画に対するエレクトロニクスの利用が検討されている。このような背景には道路行政そのものが「新設の時代」から「維持管理の時代」へと移行していることの他に、近年のエレクトロニクスの目覚ましい進展に伴った各種調査機器の自動化、高速化、さらにはコンピュータの高速化、大容量化の促進がはかられたことがあげられよう。

舗装の維持管理では図-1に示すように、ほぼ全般的にエレクトロニクスが利用されており、大きく分けて調査機器とコンピュータの2つに分類される。ここでは、これら調査機器とコンピュータについてエレクトロニクスの利用方法ならびに利用実態の概要を紹介する。

2. エレクトロニクスを利用した調査機器

舗装の調査には路面性状調査（ひびわれ、わだち掘れ、縦断凹凸、すべり）、力学性調査（たわみ、CBR）、環境調査（騒音、振動）がある。現在、我国ではPSI（道路維持修繕要綱）やMCI（建設省）により舗装の供用性評価が行なわれており、PSI、MCIともに、ひびわれ、わだち掘れ、縦断凹凸の3因子を用いた評価式となっている。そこで、これら3因子とたわみを調査する機器のうちでレーザー、高感度加速度計、マイクロプロセッサ等のエレクトロニクスを利用した調査機器について、その概要を紹介する。

(1) 縦断凹凸調査機器

① レーザー式路面縦断凹凸測定器

本装置はHe-Neガスレーザーを光源としてCCDセンサー（光信号を電気信号に変換するセンサー）を検出器として縦断形状を測定するものである。測定データは他のデータとともにアナログデータレコーダーに記録さ

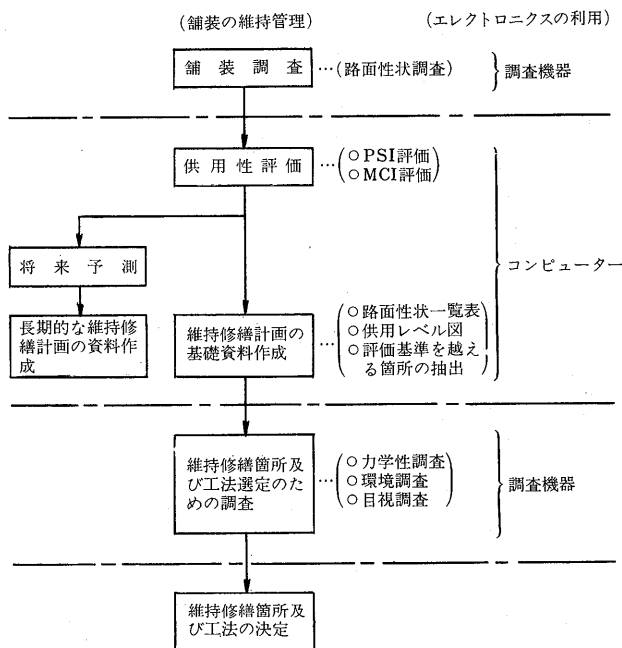


図-1 舗装の維持管理とエレクトロニクス技術利用の概要

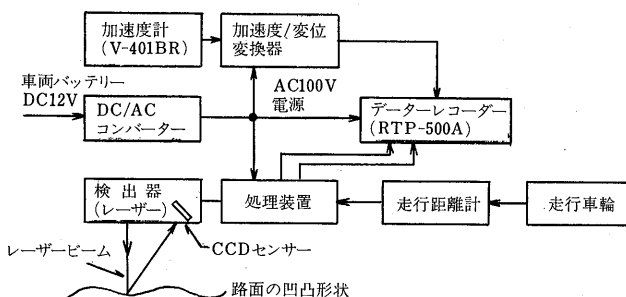


図-2 レーザー式路面縦断凹凸測定器の構成

れる。装置構成は図-2に示す。装置の特徴としては、レーザー光とCCDセンサーを用いているため分解能が高いことにある。また、データの記録にデータレコーダーを用いているため従来のペンレコーダーに比べ高密度の記録ができる。

*たんじ・かずひろ パシフィック航業(株)道路調査部

② 高速縦断凹凸測定機

本装置はプロフィール検出輪により検出した縦断形状をマイクロコンピュータで処理しデジタルデータレコーダー及びペンレコーダーに測定値を記録する。装置構成は図-3に示す。本装置の特徴は、測定値がデジタルデータレコーダーに自動的に記録されるのでカセットテープを媒

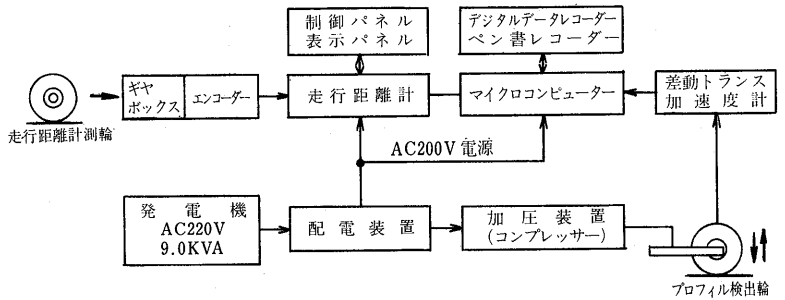


図-3 高速縦断凹凸測定機の構成

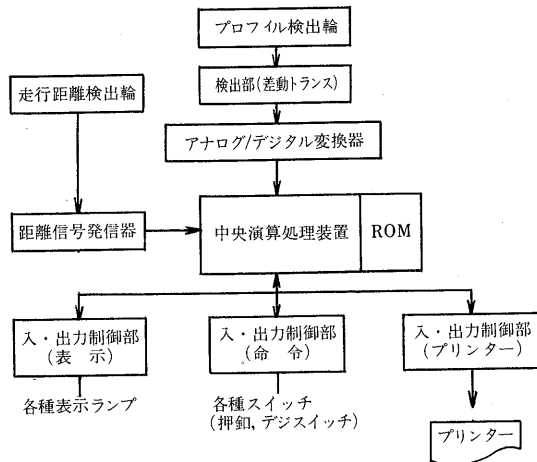


図-4 縦断凹凸測定装置の構成

体として他のコンピューターへ入力することができることにある。

③ 縦断凹凸測定装置

本装置はマイクロプロセッサを使用して、プロフィール検出輪により検出した縦断形状を即時に処理し、標準偏差やPRI等の結果をプリンターへ出力する。装置構成は図-4に示す。この装置の特徴は、読み出し専用メモリであるROM上のプログラムにより計算処理を行なっているので、ROMの変更により様々な制御、計算、出力が可能なことにある。

(2) わだち掘れ調査機器

① レーザー式わだち掘れ測定器

本装置は He-Ne ガスレーザー光を回転ミラーによって道路の横断方向に走査し、イメージセンサー(光信号を電気信号に変換するセンサーの総称)により測定するものである。装置構成は図-5に示す。本装置の特徴は、先に紹介したレーザー式路面縦断凹凸測定器と同様に分解能が高いことである。

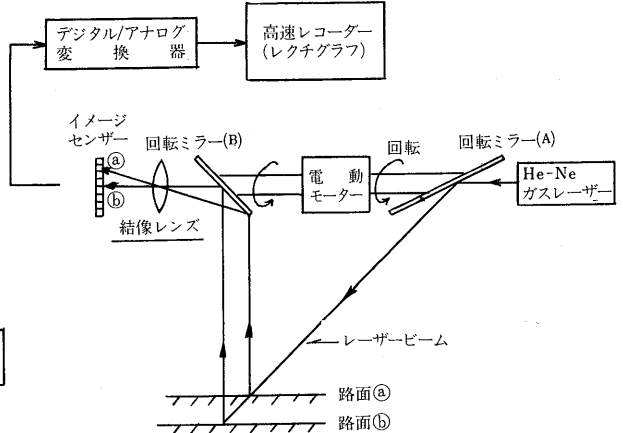


図-5 レーザー式わだち掘れ測定器の構成

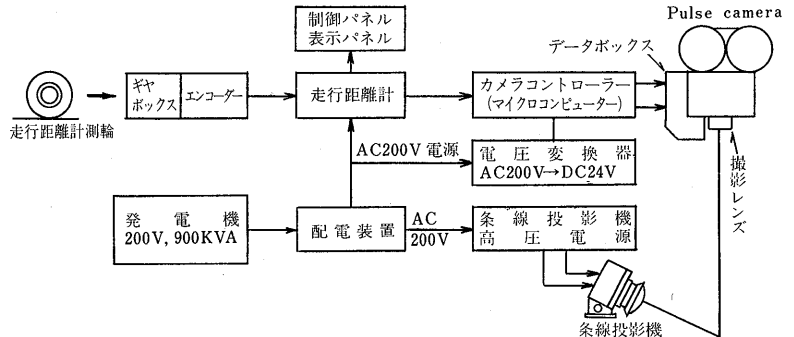


図-6 わだち掘れ撮影装置の構成

② わだち掘れ撮影装置

本装置はパルスカメラ装置、条線投影機及び距離測定装置により構成されている。装置構成は図-6に示す。本装置の電気的な特徴は、マイクロコンピュータ制御装置により任意の間隔で発信する距離信号で自動的にカメラが作動し、同時に距離データを写し込むことにある。

(3) ひびわれ調査機器

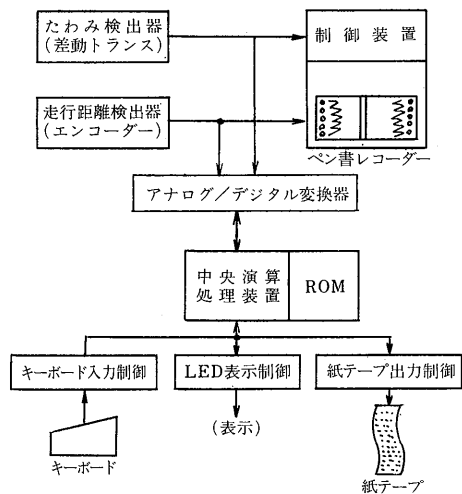
① 路面連続撮影装置

本装置は走行距離計測輪で測定した車輛の走行速度に同期させてスリットカメラのフィルム送り速度及びレン

① ダイナフレクト

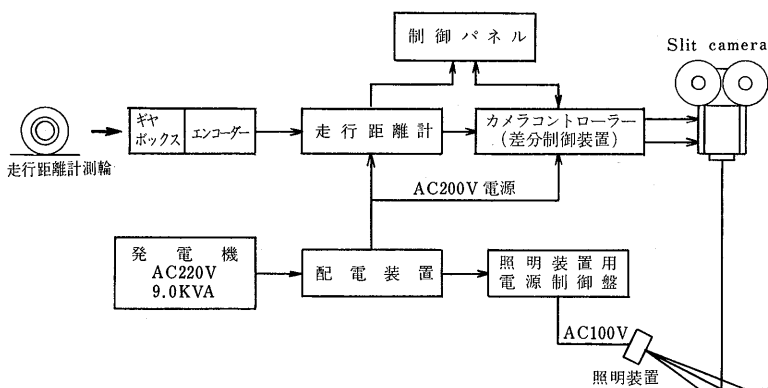
② デフレクトグラフ

本装置は従来のベンケルマンビー



図一9 デフレクトグラフの構成

ム測定装置を自動化したものである。差動トランスで検出したたわみ量及びエンコーダーで検出した走行距離をペンレコーダーに記録し、同時にA/D変換器によりデジタル量に変換されたデータはマイクロプロセッサにより計算処理が行なわれ紙テープへ出力される。装置構成は図-9に示す。本装置の特徴は、キーボードからの入力により幾つかのROM上のプログラムを選択できるため、使用目的に応じてプログラムを用意できることにある。また、マイクロプロセッサの出力が紙テープで



図一7 路面連続撮影装置の構成

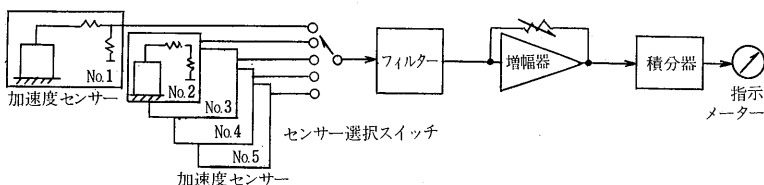
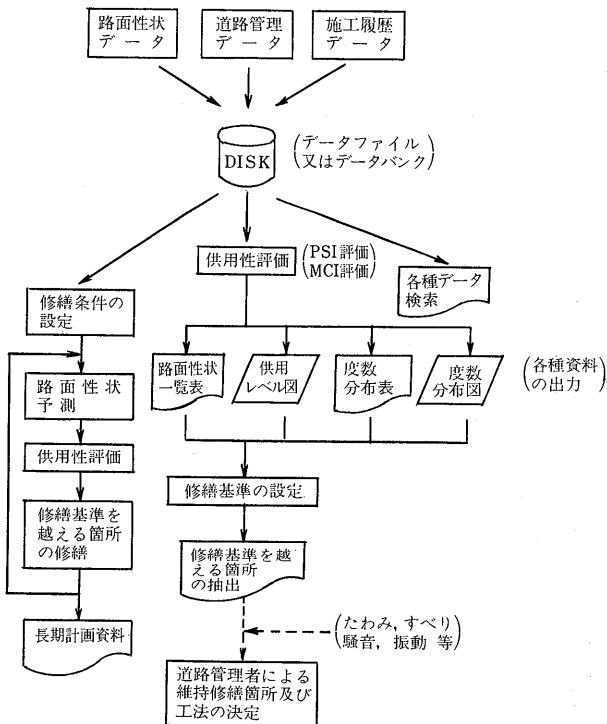


図-8 ダイナフレクトの構成



図一10 舗装の維持管理におけるコンピュータの利用実態

あるため他のコンピューターへの入力も可能である。

3. コンピューターの利用実態

距離標 (km)	区間	道路面積 (㎡)	舗装種別	構造物	上り・下り	車線	道路種別	事務所コード	ひびわれ率 (%)	パッチング率 (%)	合計ひびわれ率 (%)	最大だち掘れ (mm)	平均だち掘れ (mm)	平坦性 (mm)	M C I (最小)	最新補修年度	補修工法	舗装厚 (cm)	C B R (%)
(自) (至)	長 (m)																		
7.600-7.700	100	650	AS		2	1	2	08	0.0	0.0	0.0	16	15	2.27	6.41	53	A	80	1.8
7.700-7.900	90	585	AS		2	1	2	08	0.0	0.0	0.0	19	16	3.92	6.24	53	A	80	
7.780-7.800	10	65	AS	B	2	1	2	08	0.0	50.0	50.0	14	14	3.92	2.27	53	A	80	

AS : アスファルト
CO : コンクリート

道路センターから1,2,3,車線
1 : 上り, 2 : 下り

B : 橋梁
T : トンネル

N : 新設
A : 打換え
R : オーバーレイ

図-11 出力例 (路面性状一覧表)

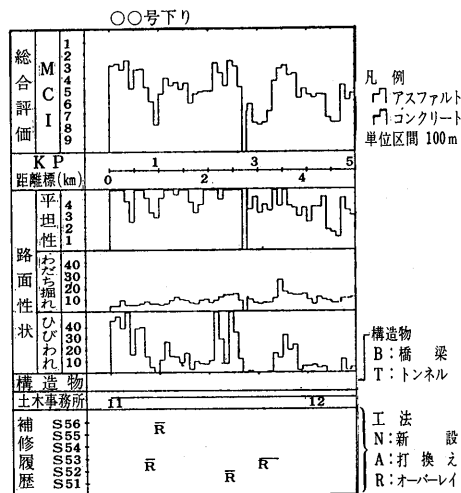


図-12 出力例 (供用レベル図)

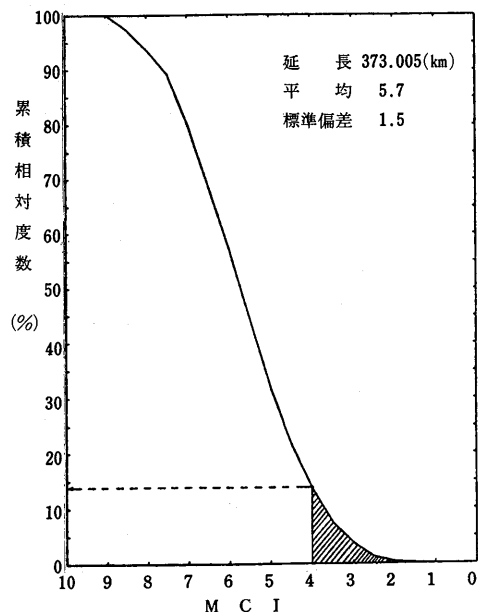


図-13 出力例 (累積相対度数図)

舗装の維持管理におけるコンピュータの利用実態は、
おおむね図-10の通りである。

各種調査により収集されたデータをデータバンク又はデータファイルとして一元化し、それを基に維持修繕箇所及び修繕工法を選定するための資料を出力する。出力される資料には次のようなものがある。

• 路面性状一覧表

収集されたデータを一覧表に表わしたもので図-11のようになる。

• 供用レベル図

路面性状一覧表を図化したもので、X-Yプロッターにより出力され図-12のようになる。

• 累積相対度数図

供用性評価値を悪い方から累積したもので、X-Yプロッターにより出力され図-13のようになる。この図から評価値の全体に対する割合が読み取れる。

距離標 (km)	延長 (m)	舗装面積 (㎡)	ひびわれ率 (%)	わだち掘れ量 (mm)	平坦性 (mm)	M C I
(自) (至)						
0.0 - 0.300	300	1320	44.6	5	6.62	3.04
7.500 - 7.870	300	1980	25.3	16	4.46	3.51

図-14 出力例 (修繕基準を越える箇所の抽出)

• 修繕基準を越える箇所の抽出

設定された修繕基準を越える箇所を抽出し一覧表として出力するものである。例えば「M C I が 4.0 以下である箇所が 300 m 中 200 m 以上ある区間を抽出せよ」という条件で出力すると図-14のようになる。

また、路面性状の予測式を所有する機関においては、ある修繕条件を設定して「路面性状予測→供用性評価→修繕条件による修繕実施」といったくり返し計算を行な

い長期計画の資料を作成している。図-15に現状の修繕割合で修繕した場合のMCI 4.0以下の割合の推移の例を示した。

以上のような利用は最近進歩の著しいマイクロコンピュータでも可能であるが、各機関ともすでに大型汎用コンピュータが導入されているので、それらのコンピュータにより運用されている。

4. あとがき

エレクトロニクスの進歩には目覚ましいものがあり、数年前には困難であろうと思われていた事柄でも現在では実用化がなされているものが数ある。このような中で、舗装の維持管理に利用できるであろうと思われるエレクトロニクスに関する最新技術を幾つか取り上げてみた。

(1) 半導体レーザー

データ通信の分野で近年実用化した光ファイバー通信技術は、その成果として高信頼、高速度の半導体レーザーを完成した。現在の He-Ne ガスレーザーで問題となっていた「太陽光の影響」、「共振管の寿命」といった事柄も、半導体レーザーを用いることにより解決される方向に向うものと思われる。

(2) CCDセンサー

VTR技術は一般ユーザー向け録画装置の発売以来、急速に発達し現在に到っている。この過程の中で、CCD半導体による撮像素子が完成し撮影カメラの小型化、軽量化が促進された。このCCD半導体はファクシミリやコンピュータの画像入力素子として増々高密度化しており、近い将来銀感光材料に近い分解能が得られるも

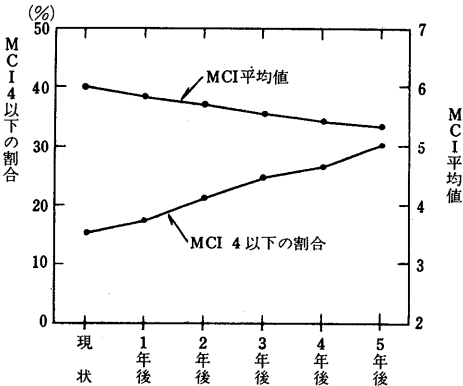


図-15 出力例 (長期計画資料)

のと予想される。このことから、CCD・VTR撮影装置によるひびわれ調査も可能となり、コンピュータに直結した処理ができるものと思われる。

(3) マイクロプロセッサ

1970年代にワンチップマイクロプロセッサが初めて実用化されて以来、今日まで目覚ましい発展をとげている。その利用はデジタルウォッチ、電卓、マイクロコンピュータ等数限りなく、前述のように舗装の調査機器へも利用されている。このマイクロプロセッサをより積極的に調査機器のデータ処理装置に用いることにより、データの入出力手続がより簡便になるものと思われる。また、近い将来コンピュータ相互の通信が日常的なものとなった場合には、調査機器のデータも通信回線を用いて即時に多数の利用者に提供されるであろう。

日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978.
石油アスファルト絶対粘度試験方法
Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt

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

実費頒価 300円

申込先 社団法人 日本アスファルト協会
東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
〒105 電話 (03)502-3956

ちょっと一服！ ～電算豆知識～

阿部 忠行*

本特集では、多くの電算用語が使用されており、カタカナに弱い世代には頭が痛くなる内容も少なくないと思われる。本欄では基本的な電算用語を平易に紹介するもので、ご用のない方はタバコでもつけて一服していただきたい。

○コンピュータの構成～入力・記憶・演算・制御・出力

コンピュータの大型・中型・小型の区別は補助的な機構が多いか少ないかであって基本的な構成は同じである。図-1に示すように5つの基本的要素から構成されている。プログラムやデータは制御装置 (Control unit) の制御のもとに入力装置 (input unit) から記憶装置 (memory unit) に記憶される。記憶装置は本体に付属しているが更に記憶量も増大するためにテープやディスク等の補助記憶装置も利用される。これらの入力条件と演算装置 (arithmetic unit) との間で情報のやりとりを行なって処理し結果が出力装置 (output unit) から出力される。

○コンピュータの種類

ふつうコンピュータといえば汎用電子計算機を意味するが、汎用電子計算機の大型機、中型機、小型機、超小型機の外にミニコンピュータ、マイクロコンピュータ、パーソナルコンピュータ、オフィスコンピュータなどの多くの種類がある。そして、これらの区別はかなりあいまいとなっているがおおよその区別は次のとおりである。

(1) 汎用電子計算機

一般に企業や大学で使われている電子計算機である。日本電子計算機㈱では価格によって次のように区別している。

大型A (5億円以上) 大型B (2.5～5億円)
 中型A (1.0～2.5億円) 中型B (0.4～1億円)
 小型 (0.1～0.4億円) 超小型 (0.1億円以下)

(2) ミニコンピュータ

開発当初 (1960年代) は汎用コンピュータのような一貫システムではなく、入出力装置や制御装置の構成部分として位置づけられていた。しかし、現在では小型のコンピュータと理解されている。一般に MSI や LSI*1 を 200～300 個程度を使用した規模のものである。

(3) マイクロコンピュータ

1個～数個の LSI を使用して、制御・演算・記憶という CPU 機能を有したマイクロプロセッサ (超小型の処理装置) が開発された。これに LSI による入出力装置・補助記憶装置を付加して完全なコンピュータシステムを備えたものをマイクロコンピュータという。マイクロコンピュータは超小型という意味とともに my Computer (マイコン) という意味も含まれている。なお、マイクロコンピュータはマイクロプロセッサの種類や語長のビット数*2 によって分類される。

(4) パーソナルコンピュータ

個人の使用を目的としてマイクロコンピュータが商品化されたものをパーソナルコンピュータ (パソコン) と呼ぶ。パソコンの一般的な機構は処理ユニット (CPU-Central processing Unit), データを記憶する RAM*3 と主としてプログラムを記憶する ROM*4, 入出力装置を接続するための I/O ポート*5, タイプライター状のキーボード, 入出力を表示するディスプレイ, 補助記憶装置等から成っている。

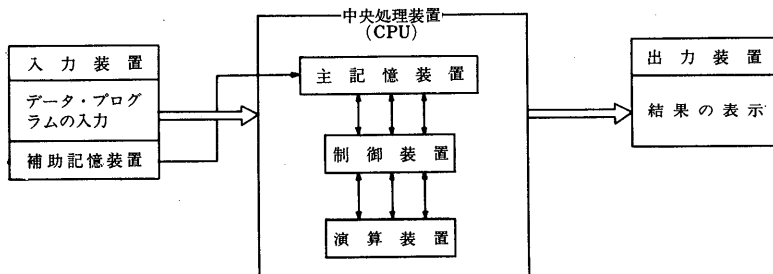


図-1 コンピュータの構成

*あべ・ただゆき 東京都第一街路整備事務所

* 1. IC (integrated circuit～集積回路)

大きく書いたトランジスタ回路を写真のネガにとって、それを表面加工したシリコンチップに焼きつけて、現像、定着などの加工をしてアルミニウムを同じように取りつけるとICが出来る。トランジスタ〔回路〕の数によって次のように区分する。

SSI [small scale integration]	100個以下
MSI [medium scale integration]	100～1000個
LSI [large scale integration]	1000～数万個
超LSI	数万個以上

* 2. ビット (bit) ・バイト (byte)

コンピュータはon/offの2状態を1/0で対応させ、あらゆる情報を2進数の操作で処理している。ビットとは2進数 [binary digit] の一桁を意味する。モールス信号はトン〔短音〕とツー〔長音〕の組合せて多くの文字や数字を表現しているが、それと同様にコンピュータ言語の最小単位をビットと称する。現在、多くのコンピュータは8ビットでアルファベットやカナなどの一字を表わす方式をとっており、8ビットの組合せを1バイト [byte] と呼ぶ。バイト数が多ければそれだけ記憶容量や演算速度が優れることになる。なお、1 k バイトは 2^{10} [=1024

～2のN乗で最も1000に近い数] バイトである。

* 3. RAM (random access memory)

読み出しや書き込みが自由にできる記憶装置。集積回路で作られる記憶回路は、概念的にはチップ上に張られた縦横の線の交点ごとに1あるいは0の1ビットを記憶できる素子があると考えればよい。

* 4. ROM (read only memory)

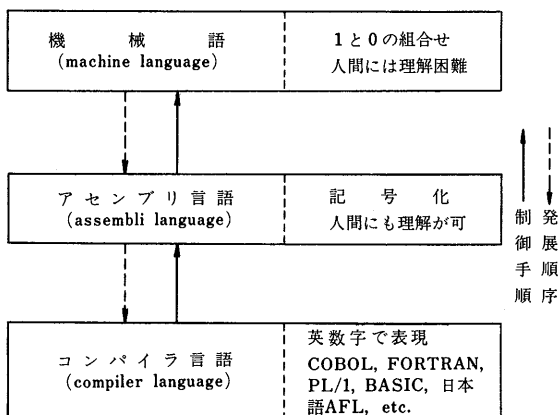
読み出し回路だけが付いている記憶装置。いったん記録されたデータの読み出し専用用であり、プログラムの記憶に利用される。プログラムはデータのように出し入れが少ないからである。このように、ROMはいったん記録されたものは書き直しが出来ないが、これを書き直しが出来るようにしたものをP ROM [programmable ROM] という。

* 5. I/Oポート (input-output port)

システムから外部の機器へデータを転送するのに、途中で別の媒体を通さなければならない。この変換部分がインターフェースである。CPUからインターフェースにデータを渡すところをI/Oポートと呼ぶ。

○プログラミング言語

プログラミング言語の制御手順と発展順序は図一2に示すとおりである。コンピュータ言語の最初は1と0の組合せのみの機械語であった。次に、その数字のつながりを記号化し、人間にも多少理解ができるようなアセンブリ言語となった。そして、われわれの日常語に近い言



図一2 プログラミング言語

語で表現するコンパイラ言語が開発された。コンパイラ言語には次のようなものがある。

(1)コボル (COBOL-COMmon Business Oriented Language)

主に事務処理用に利用される言語である。帳票の整理などに便利である。

(2)フォートラン (FORTRAN- FORMula TRANslator)

名前が示すように数式が日常使用している型と同様の表現で記述できるのが特徴の一つである。1956年に米国で開発され、その後機能が拡充され水準が高められた。

わが国でもJIS化がなされ、その水準に応じてJIS FORTRAN 3000, 5000, 7000, 7700と定められている。数字が大きいかほどレベルが高く、機能も大きくなっている。また、大きな数字の水準のものは小さな方を完全に包含している。すなわち、JIS 3000の規約に基づいて作成したプログラムは、何ら変更を加える必要もなくJIS 5000, 7000の処理系の下でも有効であるといった上への互換性がある。BISAR, VESYSなどの舗装構造解析用プログラムでは全んどFORTRAが使用されている。

(3) PL/1 (Program Language 1)

FORTRAN と COBOL の特徴を兼ね備え汎用性のある言語。

(4) ベーシック (BASIC ~ Beginner's Allpurpose Symbolic Instruction Code)

初心者があらゆる目的で機械に命令できる言語と訳されるように非常に平易な言語であり、パソコンやマイコン用として広く利用されている。FORTRAN や COBOL を機械語に翻訳するシステムのコンパイラでは、一度にまとめて機械語に置換えるが BASIC ではプログラムの一行ずつを機械語に翻訳するシステム (インタプリタ) を使用している。そのため、もしも途中の時点でプログラムにミスがあればコンピュータが間違いを指摘してくれる。このようにコンピュータと対話形式でプログラムを作製することが出来るのも大きな特徴である。

(5) 日本語 AFL

BASIC も日常的な英数字とはいえ英語の構文を基本としている。我々にとって、さらになじみ易いと言えば日本語である。プログラムが日本語で出来ればパソコンの利用もさらに普及することであろう。このような背景から日本語で書けるプログラム言語が開発され昭和58年1月6日に電算機メーカーの松下グループから発表されたのが「日本語 AFL」である。「日本語 AFL」を構成している基本構文は「である、計算する」などの述語が30種類、「行目、回、大きい」といった修飾語が約30種、「は、を、に、から」などの助詞が15種、その他、名詞が自由に設置できるようになっている。

○コンピュータシステムの一例

(1) CAD (Computer Aided Design ~ キャド)

構造物の設計で製図の占める量は全体の7~8割程度といわれている。製図工程に電算を導入し、自動化を計ることは設計作業の省力化に大きく貢献する。このような背景から、ディスプレイ装置のスクリーンを製図用紙

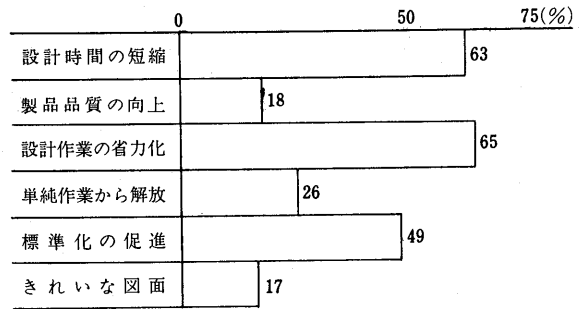


図-3 CAD導入の効果 (工藤真之助)

として図形の作成、図形の変換、修正を対話式に行えるCADシステムが開発された。図形の各点の座標をコンピュータに入力し記憶装置に保持すれば、後はコンピュータと対話式で自由な形に図を作成することができる。CADシステムを導入することによって図-3に示すような効果が期待できるといわれる。

(2) CAM (Computer Aided Manufacturing ~ キャム)

CADシステムの後工程として製造工程を自動化したシステムである。CADによって設計されたものを数値制御 (NC ~ Numerical Control) の工作機械に入力することによって、機械加工、溶接、組立て、検査といった一貫作業が無人化できる。CADシステムが設計専用利用に比べてNCのプログラムテープの作成は現場加工作業のものであるところからCAMという名称がつけられた。しかし、CADとCAMは別々のものではなく、図-4に示すように一貫したシステムとしてCAD/CAMと接続して表わすのが一般的である。

引用文献

- 1) 中村尚五監修, 「わかるマイコンハンドブック」, 新星出版
- 2) 自由国民社版, 「現代用語の基礎知識 1983」
- 3) 工藤真之助,

CADシステムの場合”,
土木学会誌 1982, Vol.
67・5

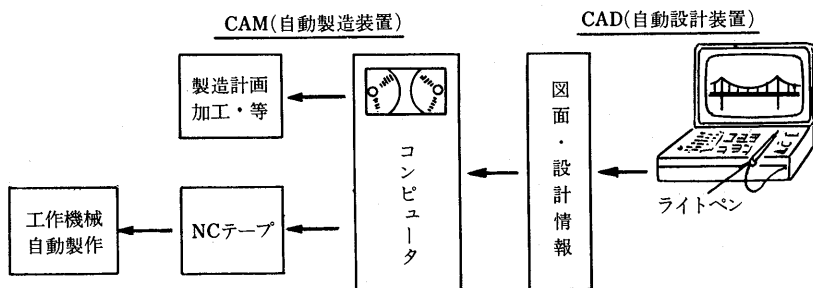


図-4 CAD/CAM システム

アスファルト混合物の製造とエレクトロニクス

的 場 雅 俊* 田 中 広 英**

1. アスファルトプラントの自動化

(1) 経緯

通常バッチプラントは、国内では昭和36年頃から自動化が始まったが、電気、電子装置の信頼性が向上し、実用機としての自動化普及は、昭和40年に入ってからである。同様な制御、操作要素を持つ他業界のプラントに比べ、導入、実用化が遅れたのは、次の要因があったと考えられる。

イ. アスファルトプラントは初期の規模から、現場仮設装置と見做され、オペレータ、作業者は手動操作を苦になかった。

ロ. プラントが小規模な時代には設備費に占める自動化装置の占める割合が大きく、採算上問題があった。

ハ. 自動化に欠かせない電気、電子機器に対し、熱、振動、粉塵の点で苛酷な条件があり、この面の機械的改善が充分になされていなかった。

名神高速道等、舗装の本格化と並行し、プラントの大型化が進むと、上記要因は逐次解消され、国産機の自動化は盛んになり、不可欠のものとなった。

(2) 計量の自動化

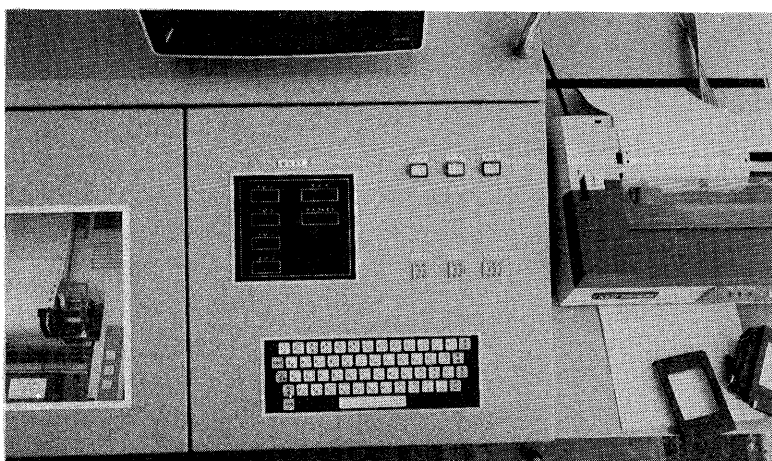


写真1 最新の計量制御盤

バッチプラントでは骨材、フィラー、アスファルトの計量を自動化することが第一に要求される。機械秤の計量値をフォートランジスタに始まり、差動トランス、ポテンシオメータ等で検出する方法から、現在はロードセルを用いるのが一般的になっている。制御装置構成はシーケンス制御で、リレー、ハンダ配線から無接点リレー、プリント配線基板と変化してきているが、制御性、精度を向上させる点でマイクロコンピュータが導入されるようになった。シーケンス制御であっても自動化という点ではユーザーニーズを満しているが、コンピュータの導入によりマンマシンシステムとしての改良に重点が置かれるようになった。キーボードで運転条件をインプットし、ブラウン管(CRT)で運転状況を監視するタイプのものもあり、オペレータは自動化初期のような熟練度を必要としない。最新の計量制御盤の1例を写真1に示す。コンピュータ制御としては前バッチ計量の落下誤差、計量速度を検出して、次バッチの設定値を自動的に修正することが有効である。

(3) バーナの自動制御

アスファルトプラントで、ドライヤバーナの操作で骨材の乾燥、温度管理を行うことは、良質なアスファルト混合物を生産するために計量と同じく重要なことである。したがって、バーナの自動化は計量と並行して進められてきた。

自動制御方式はドライヤ出口骨材の温度検出によるフィードバック制御であり、設定値と検出値が所定の差以上になった時に一定範囲だけバーナ開度を増減するイントラプター制御、比例制御、(PID)が主流である。しかし、フィードバック制御のため、ドライヤに投入される冷骨材条件、即ち含水比、粒度、供給量の急激な変動には追従し切れない面

*まとは・まさとし ㈱新潟鉄工所建設機械営業部

** たなか・ひろえ 同社高崎工場設計室

があり、今後は前記条件を制御条件に入れるフィードバック制御が必要とされる。その為には冷骨材含水比の連続瞬間検出器、粒度検出器等のセンサーの開発が必要になるが現状は試作の域を出ていない。センサーが実用化されれば、マイクロコンピュータを利用したプログラム制御も可能であり、制御性はさらに向上する。ドライヤでの温度管理、自動制御を行う上でバーナの特性を向上させることも忘れてはならない。エレクトロニクス面が発達し、電気的制御を高級化しても、バーナの追従性が悪くては、良好な結果が得られない。最近では低騒音、省エネルギーの目的で燃料高圧噴霧型油バーナ、ガスバーナが普及しつつある。これ等のバーナはターニングダウン比が20～100%と広範囲で、制御信号に対する応答、追従性が良く、自動制御が容易になった。したがって電製品、計器メーカーの標準型自動温度設定器（PI、PID）と組み合わせるだけで良好な温度管理ができる。但し、プラントメーカーによりバーナ特性が異なること、ドライヤドラム内の材料滞留時間が異なることがあるので、オフセット量、デッドゾーン調整等はプラントメーカー個々のノウハウがある。

(4) アスファルトの自動温度制御、貯蔵装置

アスファルトの温度制御は貯蔵タンクで行われるのが普通であり、タンクは熱媒体油加熱方式と電気ヒータ加熱方式が主として用いられており、タンク内の一点の温度を熱電対で検出し、自動温度設定器で、熱源のON-OFF制御を行えば目標の温度範囲に制御可能である。但しタンク内の対流を促し、温度の均一化を計ることが重要である。アスファルトタンクはローリによるアスファルトの供給網が整備され、必要時に短時間でアスファルトを入手できるようになると、ローリ受入時の温度を維持する考え方になってきた。これも省エネルギーの一手段であり、タンクの保温性能を高め、必要部に最少限の熱源を与えられる電気加熱式タンクが増えている。ヒータエレメントをなるべく分割し、配管系統、プラント本体のアスファルト関連機器にも、温度センサーを分割し、必要最少限のエネルギーを加えるように制御している。したがってプラント側の要求として、混合物製造に必要な温度のアスファルトの供給ということがある。

アスファルト加熱、貯蔵装置にエレクトロニクスが導入されるとすれば次のようなソフト面への利用であろう。プラントでの生産計画に対し、アスファルト保有量を如何にすべきかが省エネルギーの面から問題とされる場合が多い。現実には日々のデータを集計しているプラントも

有る。今後はこのデータをコンピュータ処理して、様々な生産パターンに合わせた入荷計画、管理を行うことも可能である。パーソナルコンピュータを用いて、保有アスファルトから使用アスファルトを自動的に減算し、残量を常時、CRTに表示させている例もある。

(5) 骨材供給の自動化

現在のプラントは全自動型と称しても、骨材供給は遠隔手動操作か、プリセット方式であって、完全な自動制御は行われていない。配合粒度と各単粒度フィード量のバランス（ホットビンバランス）をとることは品質管理上も重要でオペレータ技量に頼っているのが現状である。当社ではホットビン残量の連続検出器とコンピュータによる加減算処理を組み合わせ、冷骨材フィーダのフィードバック式自動制御を行った経験があるが次の支障のため、実用効果が小さかった。コンピュータにインプットした各骨材粒度のサンプリングデータと実際の入荷骨材粒度に差が出やすいこと。オペレータは次の出荷に備え、ダンプカーの到着時間を想定する等、ある程度の事前操作を行っている。即ち、人間の予知能力を生かしているがコンピュータにはこれができないという点であった。現在、この経験を生かし、マイクロコンピュータ規模で実用化に取り組んでいるが、入荷骨材の粒度管理が徹底し、安定すれば実現性は高い。

(6) 連続計量装置

アスファルトプラントに関連したリサイクルプラントは連続式システムが多い。したがって骨材、アスファルトの連続重量計量が品質管理上不可欠である。骨材又は再生骨材はベルトコンベヤとロードセルを組合せることによって、これが可能である。

ロードセルの出力をA/D変換し、デジタルで流量表示、演算処理をして平均流量、積算値を印字プリントすることも可能である。液体アスファルトは直接連続重量計量するのが難しい。現在、回転型容積計量器を用い、温度一比重特性データを自動的に常時インプットし、演算回路を組込んで重量表示を行っている。正確を期すためにパッチ重量計量のキャリブレーション装置を併用することもある。プラントシステムが連続であるため、骨材又はアスファルトの変動検出量をメモリーさせる必要が生じる。これに対処するためにはコンピュータの記憶、演算機能が有効であり、実用段階に到っている。

コンピュータ組込みの制御盤を写真-2に示す。

2. 混合物製造の管理と中央制御、管理機構

良質の混合物を製造するためには原材料の選定に始まり、

配合設計、試験練り、混合物の分析試験等が重要であるがこれ等ソフト面の技術は専門分野で努力、研究がなされているので、ここではアスファルトプラントに求められる制御、管理手法について述べることにする。

(1) 中央制御機構

最近のアスファルトプラントは制御室は遠隔で事務所内に設置されることが多い。写真一3、4参照。

前述の各種制御装置を制御室内に集中配備し、さらにプラント運営上必要とされる原材料、製品の出入荷管理、配車、事務処理業務と関連させるのが中央制御機構である。したがって、プラント運転の制御装置の他、オフィスオートメーション（O/A）的管理も中央制御管理機構として含めることが増えつつある。

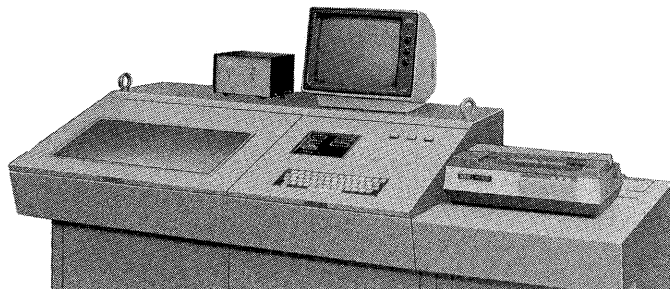
O/A的管理の代表的な実例として次のようなものが上げられる。

- イ. 原材料の入荷管理、残高管理
- ロ. 混合物の出荷管理（種別、客先別、供給先別集計）
- ハ. 出荷伝票の発行
- ニ. 混合物の品質管理データの作成

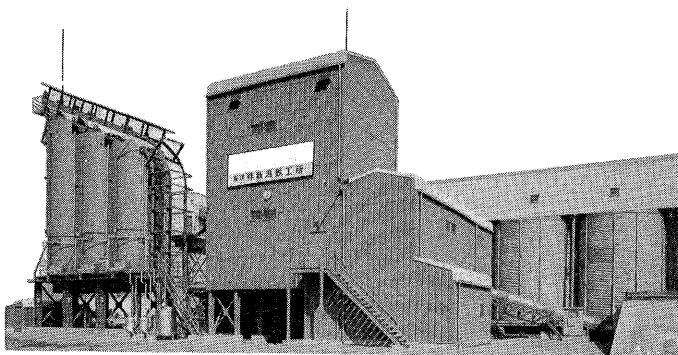
これ等を効率良く実施する為には、マイクロコンピュータは有効であり、導入が進められているが、制御用コンピュータとO/A的コンピュータの利用法には若干の相違があり、すべてパーソナルコンピュータで事足りるという訳にはいかない。例えばプログラム言語に関すれば制御用としては、処理速度の点で機械語（アセンブラ）が適しているが、O/A的处理用は、市販のパッケージプログラム修正をする等の事情でBASICを要求されることが多い。

以上の状況から、当社が現在実用化している中央制御管理機構は図一1に示すシステムが主となっている。

したがって、コンピュータハードは、パーソナルコン



写真一2 コンピュータ組み込みの制御盤



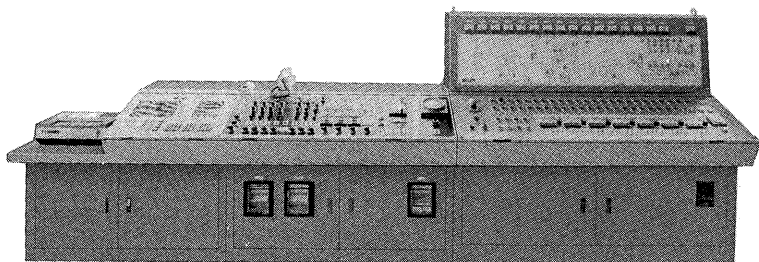
写真一3 最新のアスファルトプラント

ピュータ規模でワンボードマイコン、PCとしてのCPU、CRT、フロッピーディスク、ドットプリンターで構成されている。

(2) コンピュータ機能

前項程度の構成で現在実用している機能は次のようなものである。

- イ. 混合物配合の計量設定値の記憶、呼び出し設定、配合種類は30種を標準としている。
- ロ. 配合設定に連携した冷骨材供給フィーダ回転数の自動設定
- ハ. 各種材料の計量に対する自動落下誤差補正
- ニ. 自動バッチサイズセクター
所定製造TON数を満足させるように、最少のバッチ数と混合効率の良いバッチサイズを選定。
- ホ. 各種材料の計量値の印字記録、任意合計、出荷先別合計の印字も可能。
- ヘ. 原材料の入荷量インプットから各材料の使用量を減算し、残高をCRTに表示又は印字記録する。
- ト. 合材サイロの残高重量表示。
- チ. 出荷伝票の作成、混合物種別、



写真一4 中央制御機構

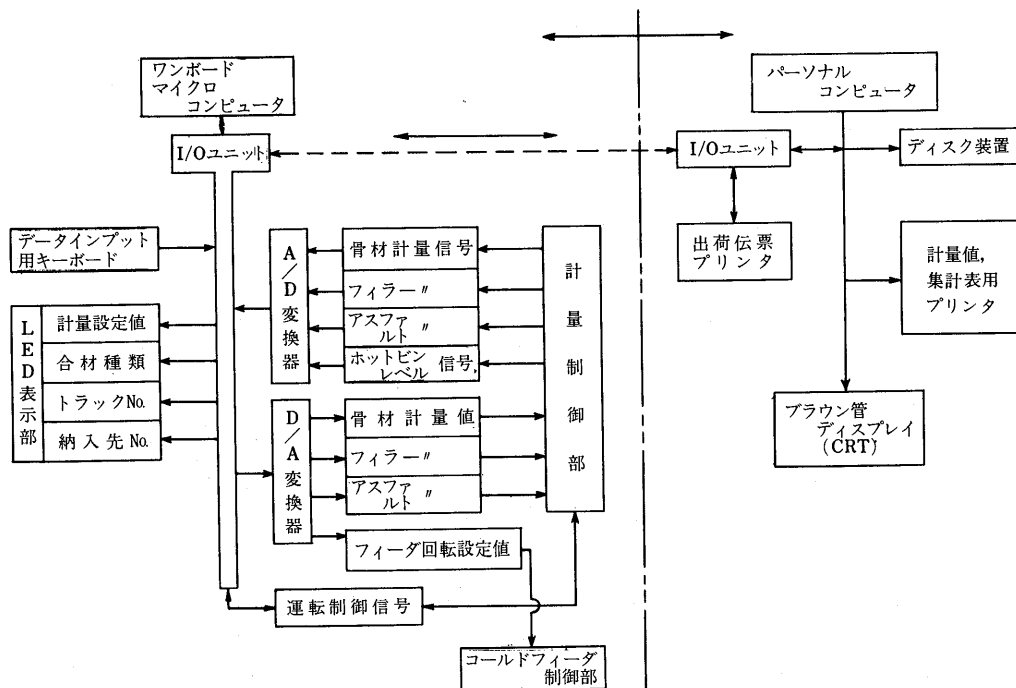


図-1 中央制御管理機構

出荷重量、日付、時刻、出荷先、温度を自動記入。

リ．日報、月報の作成（プリンター）

ヌ．混合物試験データの集計、合成粒度曲線の自動作図。

3. 今後の課題

LSIの急速な開発により、CPUの周辺LSIを利用したフレキシブルなマイクロコンピュータの活用が可能になり、アスファルトプラントも他業界と並びエレクトロニクス化されてきている。電話回線利用により、プラントのマイクロコンピュータから、本社のホストコン

ピュータへデータを転送するオンラインシステムも実用化可能である。マンマシンインターフェースシステムでオペレータがCRTを監視しながらキーボードから運転条件をインプットする対話形式の運転方法も近い将来可能となり、異常の迅速な察知、修正がより良い制御性を生みだすと思われる。最後に、マイクロコンピュータ規模では価格に占める割合はハードウェアよりソフトウェアの方が大と言われる状況の中で、アスファルトプラント関連業界においても、プログラム等のソフトウェアの価値認識が確立されることを望むものである。

原稿募集

本誌では皆様からの原稿を広く募集しております。

次の要領でご投稿ください。

- 研究論文、調査報告、資料、紀行文など。
- 原稿の採否については本誌編集委員会の審査のうえ決定します。
- 原稿用紙は、ご連絡下されば、当協会でご用意お送り致します。
- 市販の原稿用紙（300字詰）でも差しつかえありません。
- 掲載原稿には薄謝をお贈りします。

施工とエレクトロニクス

高野 漠*

1. 舗装機械の自動制御の概要

最近の建設機械は、自動化への展開が急速に行なわれ多種多様なシステムが装着されるようになった。特に最近になって自動化の質が高精度になったのは、エレクトロニクスの発達にともない各種センサーが開発され、しかも、センサーの質がよくなる一方価格が低減し、かなり安いコストのシステムを入手できるようになったためと思われる。

機械の自動化には次の基本的な考え方があり、

- 1) 無人運転又はリモートコントロール、主に作業条件が悪い場所で使用される移動が少ない機械に適用される。
- 2) 省熟練、省力化、作業状況を記録するための自動化、主に土工事、舗装工事等に使用される移動しながら作業する機械に適用される。

舗装機械は後者で、自動化が必要と思われる具体的な事項は次のとおりである。

(1) 品質管理面より必要な自動化

- 1) 舗装厚又は平坦性
- 2) 出来形（横断勾配など）
- 3) 締固め
- 4) 作業データの記録（材料の使用量、作業延長、転圧面積、材料の温度、密度等）

(2) 作業を合理化するために必要な自動化

- 1) 作業速度
- 2) 材料の供給量
- 3) 作業幅の変更
- 4) ステアリング（操向）
- 5) 過負荷防止
- 6) 作業装置の操作

(3) 安全対策のために必要な自動化

- 1) 自動モニタリング
- 2) 自動危険予知とその対応

舗装機械は、上述の事項の一部が実用に供され、最新の技術を導入して自動化のための開発が行なわれているが、前述の目的を達成する過程として、必要な部分から

自動装置が組込まれているのが現状である。

2. 自動制御の現況

実用化されている舗装機械の自動制御機構の現況は次のとおりである。

(1) アスファルトフィニッシャー

1) 舗装厚の自動制御装置

約15年前より実用化されており、オン・オフ制御から比例制御へと、エレクトロニクスの発達とともに高精度なものとなっている。基準線に接するセンサーの信号で敷きならし高さを制御する方式がとられており、基本的に開発当初から変わっていない。したがって、フォーメーションに平行した仕上げ面を作ることがその目的であり、平坦性の向上に役立つが、舗装厚は一定とならない。この装置による制御は、路盤、基層等がフォーメーションに平行していることを想定して開発されているので、舗装厚を一定に保つためには、路盤の施工時も同一の装置による制御が必要であり、大型工事では、同一機構の制御装置を有するベースペーパー、ファイングレーダ等が使用されることもある。基準線は、フォーメーションに平行して設置されたピアノ線などを用いることが多いが、レーザー光線の応用もある。

横断勾配は、基準線に接するセンサーに組合わせたスロープセンサーで制御される。

比例制御を行なう装置の精度は、基準線に対する仕上げ面の高さ±3mm、横断勾配±0.1%が得られている。

特殊な例として、自動車のテストコースなどで施工される曲面舗装は、自在に屈折可能なスクリッドを、マイクロコンピュータで制御し、所要の曲面を形成することができるアスファルトフィニッシャーと、一軸上に連結されているロールを同様に制御し、曲面を形成することができるローラを用いて、かなり高い精度で仕上げることで、この分野ではマイコンが利用され効果を上げている。

2) 材料の供給量の制御

敷きならし装置（スクリッドユニット）の断面にある混合物の量をセンサーで検出し、パーフィードの供給量

* こうの・ひろし 日本舗道機械部長

を制御する技術は、約10年前より一般化し運転の省熟練化に役立っているが、次の段階として、バーフィード上を通過する材料を重量記録する技術が検討されている。

3) 作業幅の自動伸縮

略5年前、ヨーロッパで開発された伸縮自在スクリードの技術が導入され、これをモデルとして開発されたスクリードユニットが一般化し、省力化に役立っている。国内で使用されているスクリードユニットは、図-1に示すとおり3種類あり、各々所期の性能が得られている。最大舗装幅は、一般に本体幅の略々2倍となっているが、エキステンションの装着などにより更に拡大することが試みられている。このスクリードの採用によって、全面が均一な密度に敷きならさるので、品質向上の面でも効果が大きい。

4) 自動ステアリング

アスファルトフィニッシャーでは実施例がほとんどないが、他の機械（カーブアンドガッターペーパー、スリップフォームペーパー等）では実用に供されている。基本的な考え方は図-2に示すとおりで、アスファルトフィニッシャーに装着することが可能な機構である。

(2) 締固め機械

1) 締固め度の測定

舗装全体を均一な密度に締固めることはきわめて重要であるが、転圧作業の過程で締固め度を測定する装置がわが国では実用化されている。米国で、アイソトープを用いた測定器が実用に供されているが、わが国は、取扱い上の規制がきびしく舗装工事に使用された例はない。ダイナパック社（スウェーデン）は、振動ローラに振動計を取りつけ、振動締固め時、転圧する層の振幅を表示し、試験施工時得られた所要の締固め度に達した層の振幅と比較することで、締固めの状況を知る技術を実用化しており、路盤の転圧に有効であるとされ、この種の技術が、今後の現場の締固め作業の改善に役立つことが期待される。

2) 無人運転

締固め機械の無人運転はかなり古くから研究され、タイヤローラ2台を連結し1人のオペレータが運転する技術、斜面などにおいて2～3台のローラを1人のオペレータが無線操縦する技術等が開発されているが、一般化するに至っていない。

アルバレー社（フランス）は、タイヤローラをマイコンで運転する技術を実用化し、フランスで、土工事にこの機械が使用されている。原理は図-3に示すとおりで、中心におかれた制御装置のまわりを、無線操縦されたタ

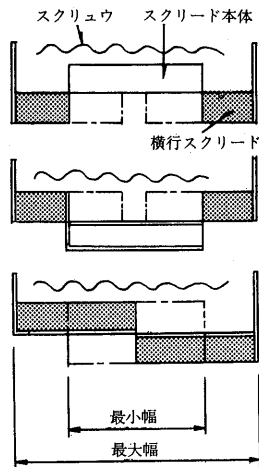


図-1 伸縮自在スクリードの種類

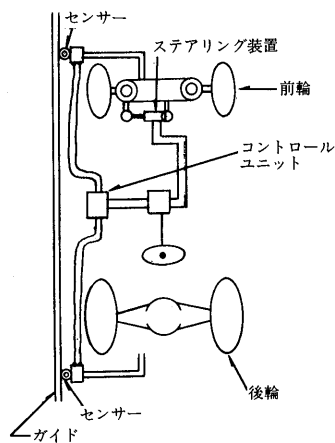
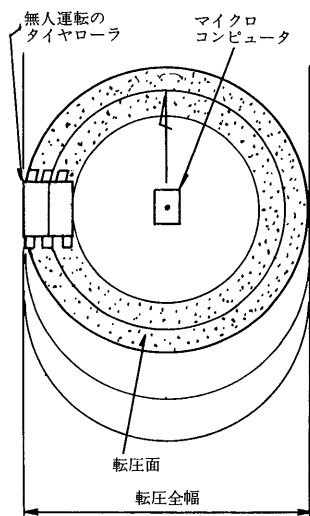


図-2 自動ステアリングの原理

イヤローラが円運動を行ない、制御装置の移動にともなって円運動をするタイヤローラが移動し転圧が行なわれるもので、制御装置のマイコンに各種のデータがセンサーよりインプットされれば、完全な無人運転と品質管理が同時に行なわれ、この技術の発展が締固めの自動化のために期待される。一方、舗装の転圧のために、直進するローラの往復を制御する技術も、国内でその開発のための研究が開始されており、その成果が期待される。

(3) その他

舗装機械を自動化するに当り運転中の安全対策が充分になされなければならない。そのために、運転中周囲の状況を確認し、危険を予知するためのモニタリングと、危険信号に応じて作業を中断あるいは運転を停止する機構の開発が重視されているが、第1段階として、超音波式安全監視装置が開発され、長期間の信頼性を確認するためのテストを経て、タイヤローラ、ロードローラに装



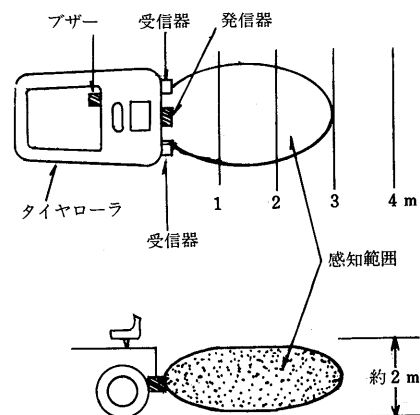
図一3 タイヤローラの無人運転

備されており所期の効果が得られている。この装置の原理は、図一4に示すとおりで、発信器から発せられた音波が障害物によって反射されると、これを受信器でとらえ、音波が空気中を伝わる速さがおよそ 340 m/s であることを利用し、構造物や人体の存在を感知し、距離を検出するものである。したがって、これをタイヤローラに取り付け、感知距離を3mにセットしておけば、3m以内に人体、障害物があるときは警報が発せられ、オペレータは直ちに機械を停止する動作を行うことができる。

この信号を利用し、機械を自動的に停止させることができ、また、機械のまわりの危険域に音波を発しておけば、作業員その他に、危険域に入ったことを知らせることも可能となり、この装置の広範な利用による自動化に対応した安全対策の向上を図ることができる。

3. 今後の動向

エレクトロニクスの発展は舗装機械の自動化を促進することは言うまでもないが、前述のとおり、自動化が必要であるとされながら一般化しているものは、アスファルトフィニッシャの舗装厚の自動制御、バーフィードの自動化、舗装幅伸縮の自在化である。その外は、精度のよいセンサーと油圧機器の普及によって、安価な部品が入手できるようになり、システムの開発が容易になったため、2,3年前より急速に実用化が試みられているものが多い。2-1項で述べたとおり、舗装機械において自動化すべき事項は多いが、基礎的な、部分的な検討、研究はかなり進んでおり、今後はこれらを総合した、全自動化された機械の開発へと移行するものと思われる。例



図一4 超音波式安全監視装置の原理

をあげると、アスファルト舗装のサーフェースリサイクリング（路上で舗装を再生する工法）のために開発されたりペーパは、その効果が確認されるとともに今後の発展が期待されているが、この種の工法を施工するに当たり、品質管理面のみでも、自動化への要求は多く、

- 1) 在来舗装の加熱温度を均一にする。
- 2) 加熱後の舗装のかき起し深さを一定に保つ。
- 3) 添加する新材料を均一に混合する。
- 4) 機械を常時一定速度で走行させる。

等を行なうためには、自動化がもっとも必要条件となっており、前述の作業が同一場所で同時に行なわれるので、もし自動化による品質の均一化がなされない場合は、施工上種々問題が生じ、これを解決するために多くの制約を受けることになる。

このようにして、自動化は、新工法の開発、施工技術の改善を行なう上で必要な条件であり、幸い基本的な技術はすでに実用化されているので、今後はこれらに応用することによって所要の制御装置を得ることができる。

また、近い将来に、建築工事ですでに使われている産業用ロボットによる、舗装機械の運転が検討されることも予想される。舗装工事における技能員の高齢化は、単に能力低下のみならず、安全面でも問題になっており、重作業の機械化、機械の運転の簡便化すなわち自動化が必要で、これに対応して産業用ロボットの利用が取り上げられようとしている。

現在までに開発された実用化されている自動制御装置は、2-1項で述べた事項の自動化を目的とし、それを達成する過程で完成された装置が実用に供されているのが現状であり、これらが集大成されて完全に自動化された舗装機械が出現するのに近い将来と思われる。

試験室におけるエレクトロニクスの導入

穴 戸 薫*

1. はじめに

1970年代の後半から、OA (Office Automation) の時代と呼ばれるようになってきた。そして、今日では、OAブームの上昇と並行して、OAアレルギーも昂進しつつあるようである。OAの3種の神器といわれる、マイクロコンピュータ、ワードプロセッサ、ファクシミリの技術進歩は、日進月歩というより秒進分歩(?)といった方が良い程、急速な発達をしている。多くの事務所・事業所でこれらのOA化が進められ、特に技術系の分野ではマイクロコンピュータが導入され、事務の合理化・省力化が図られていることは御承知の事である。

OAは歴史的に見ると、第二の産業革命でなかろうかといわれている。すなわち、第一次産業革命が機械化による第二次産業の合理化であったわけであるが、第二次産業革命は、OAによる第三次産業(=事務・サービス業等)の合理化により生産性の向上を計ることに主眼が置かれている。このような、OAによる事務事業の見直しは、否応なしに我々行政体の業務にも影響をもたらすのは当然である。こうした状況下で、我々はOAのもつ利点のもとより、欠点も十分に見さだめながら“OA”を利用していく必要があるのではないだろうか。

ここでは、研究所という特殊ではあるが、一事務所におけるOA化、マイクロコンピュータの導入によって、どのように事務が改善されたかを報告し、同時に実務上の問題点についても若干ふれてみたい。

2. OAの導入例

当所の材料部は公共事業に使用される建設材料に関する試験・研究を業務の柱としている。この中で、我々が定常業務として行っている材料の試験検査業務の合理化を目的として、マイクロコンピュータの導入を図った。これは、当初、定常業務以外の仕事はOA化になじまいと考えたからである。

材料部では、アスファルト・コンクリート・鋼材など年間4,000件以上の試験検査を行っているが、公共事業



写真-1 計算機システム

が年度末に集中する傾向があり、一方で試験検査業務以外にも研究業務も併行して行っているわけで、年度末ではどうしても試験検査業務が滞留しがちであった。このため、各建設事務所などからは、成績書の発行の迅速化が強く要望され、我々もこうした行政サービスの向上を図る必要性を痛感していた。

試験検査業務の仕事の流れは、「受付」～「試験」～「成績書の発行」～「台帳の作成」となっているのので、「試験」を除いた部分は定常的・定形的なルーチンワークとなる。ここをマイクロコンピュータに任せ、併せて月間集計、年間集計などもシステム的に行えるような、データファイリングシステムを作成することになった。

3. 導入例

計算機の導入機種は、現状において処理内容を満足できる容量をもったものから任意に選定することになり、当部では、写真-1に示すような、いわゆる8bitマイコン(PC8000シリーズ)を導入した。原則として、マイクロコンピュータの範ちゅうでは、ソフトプログラムの開発はすべてユーザーに委ねられているため、前記のようなシステムプログラムの開発も必然的に、我々の手で開発することになる。そこで、プログラム開発を行う事前に、システム化する仕事の内容・性質などを十分吟味し、基本的な方針を決定した。このなかで、プログラム開発に当たって留意した点をまとめると次のとおりである。

* ししど・かおる 東京都土木技術研究所材料部

(1) 書式の決定では、成績書が公文書であるという前提から、従来の書式（手書き成績書）との変更点をなるべく少なくする。しかし、アスファルトの成績書もコンクリートの成績書も同様の用紙を使用するため、書式の定形化を行う。

(2) 使いやすく、だれでも操作できるようなプログラムであること。

(3) 後処理まで考えたデータファイルシステムとし、データの検索、訂正、更新、削除が容易に行えること。

(4) データファイルの保護機能を有していること。

このように、プログラム開発時点で種々な検討が加えられ、システムプログラムが約3ヶ月間の期間で作製された。その出力見本が図-1のような試験成績書である。

このようなシステムプログラムの開発で重要な点は、現にその仕事に携わっている者でないと、なかなか良いプログラムができないということである。いわゆる、細部まで行きとどいたプログラムを作るとか、システムが稼動して行く過程で生じる種々な改良点や、時として生じるエラー修正に至るまで、プログラム開発者が、SE（System Engineer）の役割を受けなければならぬ。マイクロコンピュータの世界では、キーボードをたたくユーザーが、オペレーターでありプログラマーであり、ある時はSEともならなければならないのである。このことまで考えておかないと、いわゆる安易な「計算機万能主義」に陥ることになりかねず、計算機を導入してはみたものの経済的に引き合わなかったとか、結果的に高い買物をせざるを得なかったという結果になってしまう。まさに、ある評論家が指摘したように、「コンピュータ、ソフトなければ、ただの箱」となってしまう懸念が生じるのである。

この試験検査業務のシステムは、昭和56年度から稼動し、2年間の実績をもつに至った。従来の手書きによる成績書発行に比較し、マイクロコンピュータの導入による省力化によって、約1/10の処理労力となった。また、年間の統計処理も別途解析用プログラムによって行うこともでき、その省力化は絶大なものがあるといえる。今日まで、このシステムは約2年間の実績をもっているが、大きな問題は生じていない。

このようにして導入されたマイクロコンピュータであったが、試験検査業務のみならず、研究業務にも大きな影響を及ぼす結果となった。その利用方法として、一つは実験データの収集であり、もう一つはデータの解析である。

試験成績書

昭和 年 月 日

〇〇〇〇 〇〇〇〇 シムシヨウ 殿

東京都土木技術研究所長事務取扱

主 幹 河 野 信 雄

試験の結果は下記のとおりです。

試 料 名	アスファルト コンコウワツ				
受 付	土研第1234 号 57年 12月 6日				
契約番号	57 財経一契第 1234 号				
依 頼 者	〇〇〇〇 ケンゼツ コウキョウ				
製 造 者	×××× トウロ				
採取月日	57年 11月 19日		試 料 数	4 コ / 938 トン	
用 途	クマサク トウロ ファクキョウ オヨビ ソノタ コウシ				
種 類	ソリュウ アスファルト コンコウワツ T				
ブルイツカ シュリョウ %	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	キイチ
25.4 mm	100	100	100	100	100
19.1 mm	100	100	100	100	95-100
12.7 mm	82	84	84	79	70-90
4.76 mm	44	49	46	46	35-55
2.38 mm	27	29	29	30	20-35
0.59 mm	17	17	17	17	11-23
0.297 mm	12	13	13	14	5-16
0.149 mm	8	7	7	7	4-12
0.074 mm	5	4	5	4	2-7
アスファルト リョウ %	4.8	4.9	4.8	4.7	4.3-5.3
備 考					

所 長	庶務課長	庶務係長	主任	材料部長	主任	試験

試験終了年月日

標記の試験成績書を別紙により発行する。

図-1 成績書の出力見本

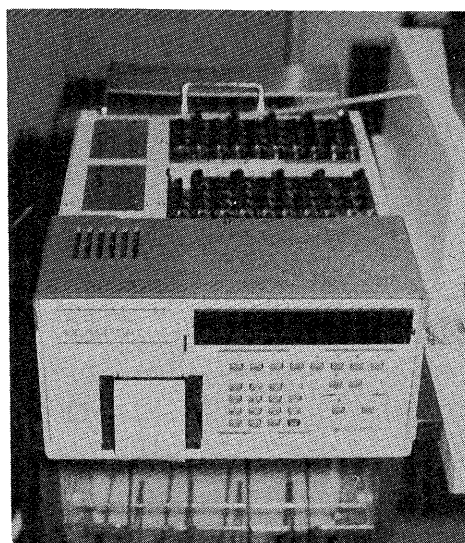


写真-2 オンライン計測機の一例

実験データの収集では、たとえば写真-2に示すような、デジタルひずみ計で計測した実験データを、GP-IBやRS 232Cなどのインターフェースを介して、計算機に

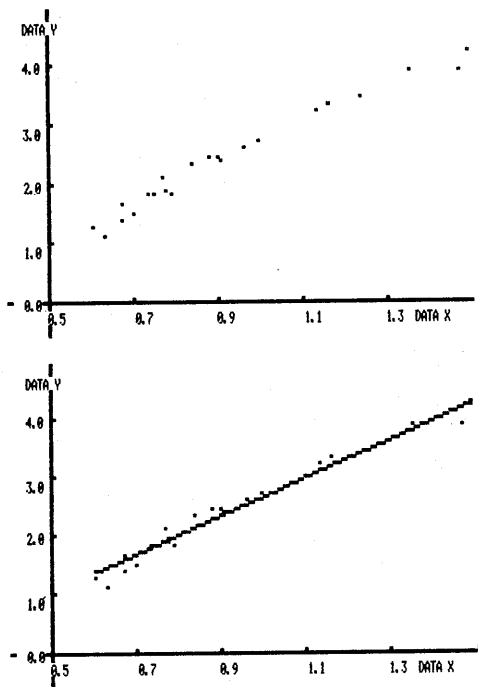


図-2 CRT上の画像処理例

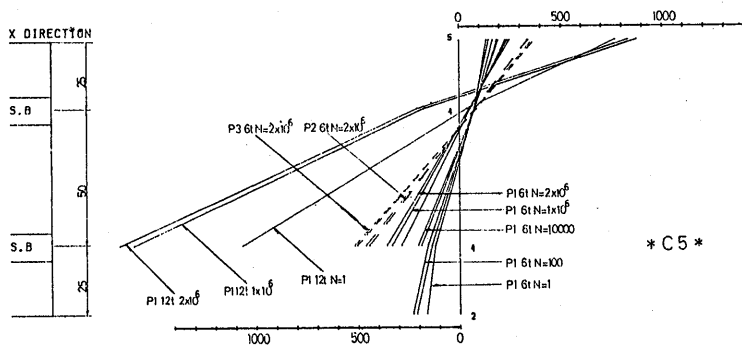


図-3 X-Yプロッターによる処理例

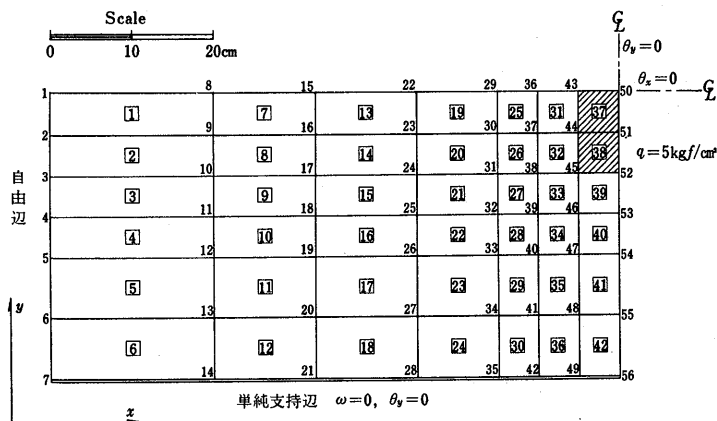


図-4 マイクロコンピュータによるFEM解析例

入力することができる。すなわち、実験室と研究室とをオンライン化するのである。したがって、実験で得たデータを従来はデータシートに転記して我々は情報源としていたのだが、このシステムでは、計算機の記憶媒体（外部記憶装置）を利用し、そこにデータ（すなわち情報）を蓄えておく方式とすることである。そして、実験者は必要に応じて、計算機とのコミュニケーションを行い、そこから情報を得ることになる。

この方式の利点としては、人手の省力化のみならず、転記ミスの防止、計測頻度の向上、長時間計測や夜間計測のように無人比計測など、計測の量的向上が可能となる。また、測定したデータや分析結果もリアルタイムに出せるという計測の質的向上もはかられる。このような利点は、センサーの取付位置など実験手法にも影響を与えるほどの効果をもっている。その反面、計測機器と計算機のデータ転送距離の問題や計測時間、頻度などを考慮して、適切なインターフェースを選定しなければいけないし、計測センサーと計算機とのマッチングおよび計測規模などから全体の計測システム構成を考えないと、充分な計測管理ができないなどの欠点を有している。

一方、データ解析に計算機を使用する方法は、計算機の使い方としては最も基本的な使い方である。当然のことながら、実験データの解析においては、今までのような電卓だけでは行えないような解析が可能となっている。実験室と研究室がオンライン化されていれば、実験データは、計算機とのコミュニケーションによって、必要な情報はいつでも取り出せることになる。特に、マイクロコンピュータのような対話形式・分散処理形式の計算機は実験データ解析のように、即時性、小回りを要求される処理には適切な道具である。したがって、今までのように、データのコーディングをし直してから計算機室へもち込み、処理結果を得るというステップを省き、リアルタイム的に実験結果を見ることができる。このシステムを一步先に進めると、解析結果をさらに画像処理やX-Yプロッターによる図化機に出力し、実体感をもった情報として我々に提

供してくれる。その一例を示すと、図-2,3のような出力である。図-2はXとYとの相関を調べるときのデータの散布図である。図-3はコンクリート床版の疲労実験で得られた中立軸の変化をひずみの変化としてとらえたものである。

このような実験データ以外にも、有限要素法(F.E.M)などによる応力解析も図-4にある程度の平面応力問題を解くこともできる。この種の解析は大型の汎用コンピュータに任せるべきだという考え方もあろうが、計算機能力向上、周辺機機の充実が急速である今日、机上でこうした解析ができるメリットは非常に大きく、今後さらに発達するものと考えられる。

実験解析にマイクロコンピュータを使用するとき問題となる点は、解析の精度と実験などで得たデータの精度が整合しているかという点である。このことを常に念頭に入れておかないと、理論的に満足できる精度、すなわち解析結果の有意性を保障できなくなる。また、解析における前提条件なり仮定を十分理解していないと、結果に対する信頼性が保障できない。このことは、外注で作られたソフトプログラムを使用したときには注意する点である。

もう一つの大きな問題は、ソフトプログラムの問題である。すなわち、プログラム開発に使われる労力の大きさが多大であるということである。実験解析用プログラムとなると、一つの実験がすべてフローチャートどおりに進行することはあり得ないであろうし、また、研究業務そのものが、日々新たな発想・創造を要求されるものであるから、必然的にプログラムも一過性のものになってしまう。また、より良いプログラムへと随時、改良・変更も必然となる。こうしてみると、プログラム自体がすでに知的生産物として成り立ち、プログラム開発に際しては、“使用者”側の理念とか発想・創造性といったいわゆる思想をもったものでないと、使い物にならなくなる。このようなプログラムをソフト開発会社に委託し作製してもらう態勢は現在のところ、まだまだ不十分で

ある。したがって、こうしたプログラムはユーザー自身が開発することになりかねず、プログラム開発に要する多大の労力が、ユーザー自身にはねかえって来ることとなる。オンライン化によって省力化された部分が、別の面で新たな仕事を必要とするわけで、計算機を使いこなせる人材がそこになくってはならない存在となる。しかしこの問題は、大勢の人々に計算機の利用機会を増し、解析の高度化・高密度化をはかれるという利点とのかね合いで検討されるべきことである。要は計算機を使える人材をうまく使い、より技術力の向上をはかるとか、新たな人材を教育するために職場内研修を活用するという、事務所の姿勢が重要である。

4. おわりに

今やオフィスでは8ビットから16ビットへと高性能化したマイクロコンピュータが主役となっている。このマイクロコンピュータは、すでに一昔前の中型機といわれる電子計算機の容量・能力を有している。したがって、以前まで行ってきたコンピュータ処理の利用形態は、その大部分を机上の計算機で行えと考えて良い。この面からみれば、計算機の利用形態には無限の可能性がある。しかし、計算機が何から何まで、すべての仕事をこなしてくれる万能なものではない。そこには必ず、使う人間が介在するわけであるから、ユーザーの資質とか理念といったものが、オフィスにおける計算機の利用形態を決定する基本となるはずである。

エレクトロニクスの進歩は、今後もますます加速されるであろう。そこで忘れてならない点は、オフィスでの主役はあくまでも人間であるということである。計算機は道具であり、使うものである。けっして、計算機に使われてはならないのである。オフィスでの種々の仕事を、今日の諸技術、諸手段を適切に組み合わせ、全体のバランスの上で効率を高めていく、こうした人間と機械との有機的な結びつきをもつことが、OAの本来のあり方ではないだろうか。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

DS

アスファルト混合物（以下アスコンと記す）の高温における変形抵抗性を評価する、ホイールトラッキング試験（Wheel tracking Test）（WT試験）で得られる動的安定度（Dynamic Stability）（回/mm）の略称をいう。

WT試験は、1973年にイギリスの TRRL (Transport and Road Research Laboratory) で開発された試験法であるが、その後わが国でも、北海道大学、土木研究所等で試験研究がなされ、特に土木研究所で実施した幕張試験舗装においては、図-1に示すような相関図が得られ、一定の範囲でDSを高めることは、アスファルト舗装の耐流動性に有効であることが確認されたことから、昭和53年版のアスファルト舗装要綱にとりあげられたものである。

試験法は、同要綱付録4-12に準ずることにしている。一般には、60℃、タイヤ接地圧6.4 kg/cm²、60分走行試験において、次式で計算される値をDSとしている。

$$DS = \frac{42 \times 15}{d_{60} - d_{45}} \quad (\text{回/mm})$$

d_{60} : 走行試験60分後のアスコンの変形量 (mm)

d_{45} : " 45分後の "

耐流動対策用混合物のDSの値は、変動係数20%以内におさまるデータの平均値が1500 (回/mm) 以上であることが望ましいとしている。この目標値は、昭和52年頃のアスコンの流動に関する資料を参考に、 $RD < 3 \times 10^{-2}$ (mm/min) 程度の値として決められている。

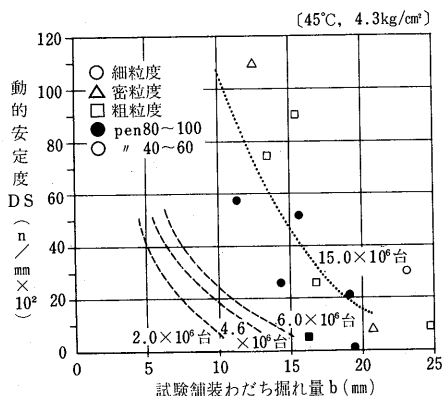


図-1 わだち掘れ量とDSの関係

MCI

アスファルト舗装の維持管理指数 (Maintenance Control Index) の略称をいう。

舗装は車両等に対する走行性や安全性に対するサービス性（一般に供用性と言う）が低下すると、その程度に応じて維持修繕を行うが、この場合の補修基準は道路維持修繕要綱（日本道路協会）を参考に行うことが一般的である。ここでは路面のわだち掘れ量 (D) (mm)，ひびわれ率 (C) (%), および縦断凹凸量 (σ) (mm) を数量化した PSI (Present Serviceability Index) の水準によって評価する手法等を示しており、 $PSI = 2.0$ でオーバーレイを行うことを目安としている。しかし、PSI は、1960年に報告された AASHO (American Association of State Highway Officials) 道路試験結果による評価式を基本にしているの、道路管理者の評価とは差がでる傾向があった。そこで、建設省技術研究会では、「舗装の維持修繕計画に関する調査研究」において、C, D, および σ と視察による総合評価を回帰分析して、次式で計算される MCI による管理水準をとりまとめた。

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2} \quad (1)$$

$$MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.30D^{0.7} \quad (2)$$

$$MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3} \quad (3)$$

$$MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7} \quad (4)$$

MCI の計算は式(1)によることを原則としているが路面性状がひびわれやわだち掘れ等特定の性状のみで評価する場合には式(2)~(4)を用いてもよいことにしている。

MCI の経年変化は、平均的には供用3~4年で8.6~7年で6.10年で4程度に低下する傾向にある。またオーバーレイを行うときの MCI は、 4.0 ± 2.0 のときに行われており、この時の C, D, および供用年数は、それぞれ 20 ± 18 (%), 20 ± 10 (mm) および 11 ± 4 (年) である。

[小島 逸平 建設省土木研究所舗装研究室]

第5回・アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議の概要

1982年8月23日～26日、オランダのデルフトにおいて「第5回・アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議 (The Fifth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements)」が開催された。今回の研究報告は、ここに発表された全論文の概要紹介であり、執筆は表-1のグループメンバーによる。なお、次回(136号)以降、セッションごとのとりまとめを行ない発表していく予定である。

この国際会議は1962年ミシガン大学で発足して以来、5年ごとに開催され、舗装に関する国際会議のうちでは特に質の高い点で著名な存在となっている。第1回～第5回の発表論文数を表-2に示す。

第1回の会議では、AASHO道路試験を中心とした試験舗装をもとに、構造設計に対する考え方や、構造設計に影響する因子についての議論が中心となった。第2回の会議は、これらの内容をさらに発展させたものであり、国際的な情報交換の重要性があらためて認識され、第5

回まで続くような基礎がここで確立されたと言える。ミシガンからロンドンに移った第3回では、設計理論と現実とのギャップを埋めることに中心がおかれ、かなりの成果があったと評価されている。

第4回では、舗装構成材料の基本的性状にもとづいて、なおかつ、交通・気象などのあらゆる環境条件に対応できる設計法の提案が主要課題とされた。なお、ここにはオーバーレイの設計法もかなりのウエイトをもってとりあげられていた。

第5回では、在来舗装の評価とその補強に関する具体的な手法、舗装管理システムの提案に主眼が置かれている。

以上、第1回～第5回まで、20年間の流れを一覧してみると、それぞれの時期に何が重要視されてきたかという構造設計の歩みを読みとることができる。そして、今後、いかなる分野が国際的に必要となるか、ある程度推察することができよう。

(阿部頼政)

表-1 アスファルト舗装技術研究グループ

阿 部 頼 政	日本大学理工学部土木工学科	田 井 文 夫	日本道路技術研究所
秋 本 隆	日産化学工業㈱	竹 田 敏 憲	東京都第一建設事務所
阿 部 栄 三	シェル石油㈱アスファルト部	田 中 輝 栄	東京都土木技術研究所
阿 部 忠 行	東京都第一街路整備事務所	谷 口 豊 明	大林道路技術研究所
荒 井 孝 雄	日本舗道技術研究所	丹 治 和 裕	パシフィック航業㈱道路調査部
安 崎 裕	日本道路交通情報センター調査部	寺 本 哲	東京工業大学工学部土木教室
飯 田 章 夫	日本道路公団名古屋建設局企画調査課	栃 木 博	日本道路公団試験所土工試験室
池 田 拓 哉	建設省土木研究所舗装研究室	中 村 州 章	日本道路公団試験所舗装試験室
井 上 武 美	日本舗道技術研究所	西 沢 典 夫	大成道路技術研究所
大久保 高 秀	首都高速道路公団工務部設計技術課	野 村 健一郎	大成道路技術研究所
太 田 健 二	日産化学工業㈱技術課	野 村 敏 明	日産化学工業㈱技術研究所
大 坪 義 治	日産化学工業㈱関東営業所	林 誠 之	日本石油㈱中央技術研究所
亀 田 昭 一	日本大学理工学部土木教室	八 谷 好 高	運輸省港湾技術研究所滑走路研究室
古 財 武 久	大成道路技術研究所	羽 山 高 義	日本舗道工事開発部
佐 藤 喜 久	鹿島道路㈱東京支店技術部	姫 野 賢 治	東京工業大学工学部土木工学科
塩 尻 謙太郎	東亜道路工業㈱総合技術研究所	福 手 勤	運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所
東海林 更二郎	日本舗道工事開発部	松 本 俊 雄	日本大学理工学部土木教室
鈴 木 秀 敏	日産化学工業㈱技術研究所	山 梨 安 弘	日産化学工業㈱

表一 2 「アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議」の内容（第1回～第5回）

回	年 度 開催地	セッション	テ マ	論文数	合計数
1	1962 ミシガン大学 (米国)	1	AASHO ROAD TEST AND PERFORMANCE CRITERIA (AASHO道路試験と供用性)	5	61
		2	ROAD TESTS, FIELD STUDIES, AND PERFORMANCE CRITERIA (試験舗装と供用性)	5	
		3	THEORETICAL DEVELOPMENTS RELATED TO STRUCTURAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENTS (理論的構造設計法の発達)	9	
		4	同 上	11	
		5	STRENGTH EVALUATION OF PAVEMENT STRUCTURE ELEMENTS (舗装各層の強度評価)	12	
		6	DESIGN AND CONSTRUCTION INFLUENCE ON STRUCTURAL BEHAVIOR OF ASPHALT PAVEMENTS (設計と施工の影響)	9	
		7	同 上	10	
2	1967 ミシガン大学 (米国)	1	ASPHALT PAVEMENT STRUCTURES—DESIGN AND PERFORMANCE (構造設計と供用性)	12	70
		2	THEORETICAL TREATMENT OF STRUCTURAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENTS (理論的構造設計)	11	
		3	STRUCTURAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENTS—SOIL CONDITIONS AND CONSTRUCTION METHODS (路床条件と施工法)	9	
		4	STRUCTURAL COMPONENTS OF ASPHALT PAVEMENTS—DYNAMIC AND FATIGUE PROPERTIES (材料の動的および疲労の特性)	11	
		5	EVALUATION OF PROPERTIES OF STRUCTURAL COMPONENTS IN ASPHALT PAVEMENTS (舗装構成材料の評価)	11	
		6	ASPHALT TREATED BASES—PROPERTIES AND PERFORMANCE (歴青安定処理路盤)	7	
		7	STRUCTURAL PERFORMANCE OF ASPHALT PAVEMENTS (舗装構造の評価)	9	
3	1972 グロスベナーホテル (英国)	1	FACTORS INFLUENCING THE DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENTS (構造設計に影響する因子)	14	101
		2	PROPERTIES OF METERIALS (材料特性)	16	
		3	DESIGN THEORY (設計理論)	16	
		4	FAILURE CRITERIA (破壊条件)	14	
		5	PAVEMENT PERFORMANCE (供用性)	16	
		6	CURRENT DESIGN AND CONSTRUCTION PROCEDURES (最近の設計法と施工法)	15	
		7	STRENGTHENING EXISTING PAVEMENTS (在来舗装の補強)	10	
4	1977 ミシガン大学 (米国)	1 ～ 7	セッションは1～7まで区分されているがタイトルは示されていない。		41
5	1982 デルフト大学 (オランダ)	1	PAVEMENT DESIGN (舗装設計)	13	61
		2	VERIFICATION (検証)	9	
		3	EVALVATION (評価)	9	
		4	PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM (舗装管理システム)	9	
		5	REHABILITATION (修繕)	10	
		6	METERIAL PROPERTIES (材料特性)	11	

☆

☆

☆

Session I. Pavement Design 舗装設計

①. 著者名, 原文題名 ②. 和文題名 (抄訳者名) ③. 目的 ④. 研究方法 ⑤. 研究発表

①. S.F. Brown, J.M. Brunton and S.P. Poll ; "The Development and Implementation of Analytical Pavement Design for British Conditions," pp. 3~16.

②. 英国における解析的舗装設計の現状と発展・イギリス (山梨安弘)

③. 舗装設計コンピュータープログラム ANPAD の有用性の紹介と実用性の証明

④. ANPADは必要な舗装厚, 設計寿命およびアスファルト混合物の配合設計を計出する3つの基本的能力を持っており, それぞれの機能を述べるとともに, プログラムの設定条件, 入力データを具体的に解説している。フルスケールトライアルとしてハイラント・バイパスで, 一般的設計と ANPAD による設計を行ない比較検討した結果, ANPADで配合設計した密粒度アスファルトマカダムの方が長い疲労寿命を示した。また CUDAM プログラムによってアスファルトコンクリートの累積疲労についても検討を加えた。

⑤. ANPAD コンピュータプログラムにより, いろいろな舗装設計計算ができるようになった。またフルスケールトライアルによって, 有用性が確認された。このトライアルによって, 新しい密粒度アスファルトマカダムを見出した。CUDAMプログラムを用いて累積疲労についての予測を行ない, ANPAD 応用範囲を広げた。

①. J.F. Shook, F.N. Finn, M.W. Witzczak, C.L. Monismith ; "Thickness Design of Asphalt Institute Methods" pp. 17~44.

②. A. I. のアスファルト舗装厚さ設計法・アメリカ (西沢典夫)

③. MS-1, 第9版の設計法を解説し, この設計法で設計された試験施工の調査結果あるいは, 他の舗装設計法との比較を行なった。

④. この設計法は, 第8版までの経験的手法に加えて, 力学的概念を基に厚さを設計することができる。また, 環境要因, 材料要因を考慮できるようなプログラムを開発した。このプログラムは, Chevronの多層構造解析プログラムを使用しており, "DAMA" と呼ばれるものである。断面モデルは, 3層系および4層系で, 3種類の断面モデルについてデザインチャートを作成した。

⑤. 厚さを比較したのは, MS-1, 第8版およびシュールの設計法である。
第9版の設計法で求めた厚さは, 他の設計法で求めた厚さより厚くなる傾向である。

①. J. Verstraeten, V. Veverka and L. Francken ; "Rational and Practical Designs of Asphalt Pavements to Avoid Cracking and Rutting," pp. 45~58.

②. ひびわれとわだち掘れを避けるためのアスファルト舗装の合理的および実用的設計法・ベルギー (田井文夫)

③. 既報告の上記両設計法の改善点を示すとともに現場データによる両設計法の確証を行う。

④. 合理的設計法の改善では基本となるアスコンの疲労則と路床舗装各層材料の永久変形則の精度を上げるため, それぞれアスコンの休止のある疲労試験およびくり返し三軸試験を行う。実用的設計法の改善では舗装厚設計に対し4層構造解析法, わだち掘れチェックに対し Odemark の近似解法等を用いる。

⑤. 合理的設計法では疲労寿命は休止時間の影響により連続荷荷の場合に対し最低7倍増加し, 標準輪数は商業車数の0.22倍となる。この疲労則は現場ひびわれ発生時期とはほぼ一致する。またアスコンの永久変形則では実験定数と配合(飽和度)を関係づけ精度を高めた。実用的設計法ではアスコンとリーンコンクリートの疲労ひびわれおよび路床の永久変形を設計基準とする設計チャートを作成し, さらに各材料の永久変形則と Odemark 法を用いた簡易なわだち掘れ設計法を示した。この計算法によるわだち掘れの値は現場データからみて十分実用に供せられる。

①. G. Battiato and C. Verga ; "The AGIP Viscoelastic Method for Asphalt Pavement Design," pp. 61~66.

- ②. **AGIP によるアスファルト舗装の粘弾性的設計法・イタリア** (姫野賢治)
- ③. 移動荷重を受けるアスファルト舗装内部の応力、ひずみを粘弾性理論を用いて評価し、わだち掘れ量や疲労寿命の予測を考慮した舗装の合理的設計法を提案する。
- ④. 表層が粘弾性材料、路盤以下は弾性材料からなる3層のアスファルト舗装モデルを考え、移動荷重を受けた場合に内部に作用する応力、ひずみ及び表面の永久変形量を推定するコンピュータプログラムを開発し、具体的な舗装構造に適用した。アスコン層の粘弾性特性は一軸の室内クリープ試験により決定した。
- ⑤. 解析結果は大規模な試験舗装の調査により検証されている。また、アスファルト舗装が移動荷重を受ける場合には、進行方向とその逆方向とで応力、ひずみ分布が非対称になること、応力の拡散によって深さの増加に伴い載荷時間が増えること、車速が大きくなると永久変形量が増加することなどの興味深い現象が定量化された。

- ①. F. T. Hsia, H. H. Richter and J. W. Padgett ; "Mechanistic Design for Timber Haul Pavement," pp. 67~83.
- ②. **木材運搬路の力学的設計法について・アメリカ** (姫野賢治)
- ③. 路床の水分が多く、大型車が低速で集中的に走行するなどの特色を持つ木材運搬路の舗装厚を力学的に設計する手順を示す。
- ④. 舗装モデルとして多層弾性構造を考え、舗装の内部条件、環境条件、外力条件を総合的に評価して具体的な15の事例につき各層のE、Vを推定した。これをもとに多層弾性理論によってアスコン層内の応力とひずみを求めて、疲労寿命予測、わだち掘れ量予測を行いアスコン層の設計厚を求めた。なお、疲労特性は繰り返し載荷試験により、わだち掘れ量はシュル法により決定した。
- ⑤. 疲労寿命とわだち掘れ量の予測結果については、15箇所全てについて疲労破壊がクリティカルであったが、実測データと非常に良い一致を示した。また、アスコン層の設計厚はAASHTOの方法を用いた場合とよい対応を示した。

- ①. R. L. Lytton, C. H. Michalak and T. Scullion ; "The Texas Flexible Pavement Design System", pp. 131~141.
- ②. **テキサスにおけるたわみ性舗装設計システム・アメリカ** (栃木 博)
- ③. テキサス州のたわみ性舗装設計システムの概要を紹介する。
- ④. ⑤. テキサス州のたわみ性舗装設計システムは、以下の7種類の舗装設計システムから成り立っている。
- (1). 舗装各層の弾性係数と層厚を用いて舗装のたわみ量を計算する Russian deflection equation.
 - (2). 非破壊探査装置を用いて測定した表面たわみ量によって多層構造体各層の弾性係数を推定する非線形解析法。
 - (3). 主要な舗装タイプに対する供用性方程式。
 - (4). 各舗装タイプの主要な破損タイプに関する破損予測式。
 - (5). 特定のプロジェクトに対して最良の舗装設計を選択する電算システム。
 - (6). 舗装ネットワークの中で、最良にプロジェクトを選択する電算システム。
 - (7). 舗装の破損や供用性を観測し、評価する一貫した手法。
- 本文では、上記(1)~(4)を要約し、それらが(5)でいかに使用されているかを述べ、(6)で使用されている設計曲線の開発について述べている。

- ①. Freddy L. Roberts, Harold von Quintus, and W. Ronald Hudson ; "Design Procedure For Premium Flexible Pavements", pp. 92~115.
- ②. **より効果的なたわみ性舗装設計法 (無補修への取りくみ)・アメリカ** (阿部栄三)
- ③. 設計を効果的に行うために、舗装モデルと現場や室内実験によって集められたデータに基づく設計基準を用いる方法について示す。
- ④. 舗装モデルとして構造モデルには、VESYS III モデルを採用し、低温クラック、凍結、舗装体温度についてのモデルも用いている。設計基準は疲労クラック、わだち掘れ、横断クラック、たわみ、表面の粗れについて過

去のデータを参考に決められた。舗装厚を決定するために、温度、路床の性質、バインダーの性質、アスファルト混合物の性質と交通量との関係を示す設計曲線が用いられた。この方法は、疲労クラックやわだち掘れに対するフルデプスの設計厚決定にも利用できる。

- ⑤. 一連の基準の適用についてはフローチャートでその順序が示されている。設計法が効果的であるためには技術力と注意力が必要で、特定の地域における独特の情報や経験はそこに適合した設計法に適用されるべきである。

- ①. I. Gschwendt and Poliaček ; "Pavement Design Optimization by An Analytical Method", pp. 116~130.

- ②. 解析的方法による舗装設計の最適化・チェコスロバキア

(阿部栄三)

- ③. 設計の最適化のために舗装各層の許容応力、路床の圧縮応力、凍上の防止等の点に注目し解析を行い、設計を容易にするために舗装カタログを用いる方法について示す。

- ④. 解析のために多層弾性システム (LAYMED Program) を用い、CBR 試験による路床の支持力、チェコにおける交通の換算荷重、材料特性を考慮する。設計を容易にするために、舗装カタログが使用され、路床の支持力、交通荷重、材料特性以外に、材料選択の地域融通性 (廃材、産業二次製品等) や施工業者の技術、経済性についても検討する。

- ⑤. チェコにおけるたわみ性舗装の設計法の最適化は、機構面また時間節約の面でも進歩している。(舗装カタログの採用。) 現場での観測やモデルによる測定は凍上防止基準の妥当性を示している。基礎データによる計算と現場観測によって構造や温度環境に関する正確な情報が舗装の寿命を明らかにすることが示されていることから、設計法の改良は経済的な舗装のために有効である。

- ①. N. W. Lister, W.D. Powell and R.T. N. Goddard ; "A Design for Pavement to Carry Very Heavy Traffic", pp. 84~91.

- ②. 重交通道路の舗装設計・イギリス

(栃木 博)

- ③. 設計期間 (20年) に 8,000 万軸 ~ 16,000 万軸の標準軸数 (8.2 t) を通すことのできるたわみ性舗装の設計法を開発する。

- ④. 輪荷重が作用した時の温度条件毎に疲労ダメージを取り扱うことができる疲労モデルを用いて疲労に対する舗装設計を行う。この疲労モデルは、輪荷重を10個のカテゴリーに分類し、温度をアスファルト層内で最大50に区分できる。この他のモデルへの入力因子は、舗装各層及び路床のスティフネスと一軸状態で測定された歴青混合物の疲労抵抗性である。一般に室内疲労試験の結果は道路舗装の疲労寿命を過少評価するため、Circular Life Testing Facility を用いてキャリブレーションを行っている。

- ⑤. 重交通道路に対する新しい舗装構造として、(1)40mmのロールドアスファルト、(2)2層で構成される Dense Coated macadam upper roadbase, (3)125mmのロールドアスファルト lower roadbase, (4)碎石サブベースを提案した。この舗装構造の特徴は、(1)最大水平引張歪が生じる個所に疲労抵抗性の大きいロールドアスファルトを置く。(2)ロールドアスファルトベースは Dense coated macadam よりも締固め易く、比較的剛性の小さいサブベース上に置くのに適している。(3)Dense coated macadam は通常のベース材料よりも変形抵抗性が大きい、などである。

- ①. A. F. Bissada, S. K. Hamdani, H. R. Guirquis ; "Design Criteria of Asphalt Pavement Structures at High Service Temperatures", pp. 142~155.

- ②. 高温度下におけるアスファルト舗装の設計基準・クエート

(松本俊雄)

- ③. 高温度下におけるアスファルト舗装の挙動の研究

- ④. クエートにおいて、断面構成の異なる二種類のアスファルト舗装を対象として、供用開始後7年間、環境条件、荷重条件、材料特性、破損の状態などの調査を行いデータを収集した。

- ⑤. 収集したデータから下記の事が解析された。

1). 交通、環境、材料の各条件を考慮した舗装各層の弾性係数の推定方法。

2). 表面の永久変形量の観測結果より、①平均速度がおおよそ 40km/h の場所、②横断方向の走行分布のばらつ

きが少ない場所, ③接線方向の荷重が作用しない場所, 以上の3つの条件を満足する場所において, 観測値とシェルの提案した永久変形量算出式とが一致することがわかった。

- 3). 高温度地域においては, 現在考えられている設計基準(路床上面の垂直ひずみ, アスファルト下面の引張ひずみ)の他に, アスファルト層内に発生するせん断応力を考慮する必要がある。

- ④. C.R. Freeme, J.H. Maree and A.W. Viljoen; "Mechanistic Design of Asphalt Pavements and Verification Using the Heavy Vehicle Simulator", pp.156~173.
- ②. アスファルト舗装の設計と重交通模擬試験機を用いた検証・南アフリカ (大久保高秀)
- ③. 南アフリカにおけるアスファルト舗装設計法の紹介と重交通模擬試験機を用いた設計法の検証
- ④. 設計法は弾性理論に基づくもので, 入力データとしては路床・路盤・アスコン層の弾性係数, 8 ton 軸重に換算した等価軸通過回数である。破壊基準は破壊形態を考慮してアスコン層下面の水平引張歪(アスコンの疲労), 路床上面の垂直圧縮歪(路床土の変形), 路盤内におけるせん断応力(粒状路盤の変形), 路盤層下面の引張歪(セメント処理路盤のクラック)を考慮しており, それぞれの基準に対する設計曲線を示している。
- この設計法により設計された舗装について重交通模擬試験機を用いて実際に車軸を走行させ, 舗装の状態を調査し, 設計法を検証する。
- ⑤. 路床上面の垂直ひずみと測定された変形量との関連性, アスファルト層のいろいろな深さにおける水平引張ひずみとその予測値の相関性などについて述べられている。

- ①. P. Autret, A. Baucheron De Boissoudy, J.P. Marchand; "ALIZE III Practice", pp.174~191.
- ②. フランスにおける舗装設計用プログラム ALIZE III について・フランス (飯田章夫)
- ③. フランスの土木研究所で開発された舗装設計用プログラム ALIZE III について, その理論的な背景を説明したものである。
- ④. Burmister 理論に基づく弾性多層体モデルと, 室内実験による材料性状のデータ(許容歪・応力, E , V など)に基づいて, 舗装構造のモデル化を行なった。一方, 過去15年間にわたって建設された約 20,000 km の道路や追跡調査区間からデータを集積し, モデルとの対比を行い, 確率統計的立場からモデルの補正を行なった。
- ⑤. 材料の疲労破壊特性(応力または歪), 交通量(軸形態と数, 伸び率), 室内試験と現場における材料の挙動の違い, 施工にともなう誤差などを考慮した舗装設計用プログラムを開発した。舗装の厚さの決定は, 初期値を与えて応力または歪を繰り返し計算し, 許容値に達する厚さを求めることにより行われる。今後はデータの精度向上に努めていく予定である。

- ①. F. Wolff; "Design of Pavements in Tropical Regions with the Finite-Element-Method", pp.192~205.
- ②. 有限要素法を用いた熱帯地域の舗装の設計・西ドイツ (八谷好高)
- ③. 舗装材料の非線形性を考慮した有限要素法(FEM)を開発し, それを用いてアスファルト舗装を解析する。
- ④. アスファルトコンクリート(AC), 路盤材, 路床土の弾性係数(E)をそれぞれ, 温度, 最大主応力(σ_3), 軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$)の関数で表わす。そして, それらの E を使用できる軸対称 FEM プログラムを開発する。この FEM と多層弾性理論を用いて材料の E を一定とした場合と非線形とした場合の解析をし, さらに FEM を用いて舗装の sensitivity analysis を実施する。
- ⑤. 材料の E を一定とした場合と非線形とした場合では舗装内の応力, ひずみに顕著な違いがみられた。また, 舗装を評価する指標として AC 層下面の水平ひずみ, 路盤・路床の垂直塑性ひずみ, たわみに注目し, sensitivity analysis を行った結果, 荷重強度, AC 層の E と厚さ, 路床の E の変化がそれらに与える影響の大きいことが認められた。そして, 荷重強度, 路床の E が, それぞれある値を超えて増加(荷重強度), 減少(路床の E)すると, 路盤の destrengthening(路盤の E が荷重のない時よりも小さくなる現象)が発生して, たわみや AC 層下面の水平ひずみが急増することが示された。

Session II. Verification 検証

①. 著者名, 原文題名 ②. 和文題名 (抄訳者名) ③. 目的 ④. 研究方法 ⑤. 研究成果

①. S.F. Brown, J.W. Pappin; "Use of A Pavement Test Facility for the Validation of Analytical Design Methods", pp. 209~220.

②. 舗装試験装置による解析的設計法の検証・イギリス

(飯田章夫)

③. 粒状路盤をもつアスファルト舗装の解析的設計を検証するため、実物大の舗装試験装置を用いて測定を行い、測定値と計算値を比較する。

④. 舗装試験装置 (Nottingham Pavement Test Facility) は長さ 4.8 m, 幅 2.4 m, 深さ 1.5 m の土槽と、その上を繰り返し走行するタイヤ駆動装置から構成されている。走行位置は変化させることができる。3つの舗装構造について試験を行なった。一方、アスファルト混合物、粒状路盤、粘性土路床に対して、弾塑性理論に基づく非線型の歪と応力の関係式を採用し、その計算のためのプログラム (SENOL) を開発した。

⑤. 各要素について応力と歪を計算し、変形量 (わだち掘れ量) を求め、測定値と比較した。歪については両者は良く一致したが、応力では計算値が低くなった。わだち掘れは良くモデル化されている場合とそうでない場合があった。実験に際して粒状路盤内の応力測定に問題があり、測定技術の改良が必要であることがわかった。また、応力と歪の関係式を材料の特性 (密度) によって補正することなど、両者の関係をより正確に把握することの必要性もわかった。SENOL は非線型材料に対する解析に有効であることが判明した。

①. F.J. Gichaga; "Behavior of Flexible Road Pavements under Tropical Climate", pp. 221~239.

②. 熱帯地方におけるタワミ性舗装の挙動・ケニア

(西沢典夫)

③. アフリカ熱帯地方では、欧州の舗装設計方法を引用しているが、最近、供用後早期に破壊する場合が多いため、その原因を検討するため調査を行なった。

④. 代表的な舗装として、ケニアにおける舗装について、ベンケルマンビームによるタワミ量測定、交通量調査、ひびわれ率、わだち掘れ測定を行なった。

⑤. 現在、アフリカ諸国では、英語圏の国は「ROAD NOTE 31」、フランス語圏は「CEBTP」、また特に重交通の場合は「ROAD NOTE 29」を採用して設計を行なっている。

1960年代に施工された、表面処理を表層とした舗装が15年以上経過後も良好であったのに対し、1970年代に新しい設計法で施工された舗装が、厚いアスコン表層であるにもかかわらず5年以内に破壊している例がみられた。

その他、タワミ性、支持力等の結果から、舗装が破壊に到る状況を検討した。

①. R. Frank Carmichael, III. and W.R. Hudson; "Development of an Asphalt Concrete Distress Criteria Using in-service Pavements", pp. 240~263.

②. アスファルト舗装破損基準の実証的検討・アメリカ

(谷口豊明)

③. アルゼンチンの舗装に適應できる疲労クラックとわだち掘れの基準を設定しオーバーレイ設計法に組み入れる。

④. 過去の研究成果より予備的に選定した疲労クラック、わだち掘れの予測モデル (ジェルの予測式)、および弾性理論から計算によって得られるたわみ量とアルゼンチン国内63ヶ所で実測したたわみ量を比較し、環境、交通量、路面性状、混合物特性などの実状に合うようにこれらの予測モデルを修正してオーバーレイ設計に必要な回帰式を得る。設計法をより簡便に利用する為、アスコン層の引張ひずみや路床の圧縮ひずみを与える回帰式は手計算で行なえるものにし、また十分な正確さも備えたものにした。

⑤. 本研究の最大の特徴は、現場からの広範なデータと多層弾性論から実際の舗装の供用性と理論的なモデルを結合し、オーバーレイ設計法を力学的な基盤に立って確立することができた点である。

①. I. Scazziga ; "Verification of The Desing Method for Asphalt Pavements in Switzerland", pp. 264 ~274.

②. スイスにおけるアスファルト舗装設計法の検証・スイス (大坪義治)

③. スイスにおけるアスファルト舗装設計法の現況を述べ、オーバーデザインの懸念から、現設計法の修正に関して著者の見解を述べる。

④. オーバーデザインの考察方法として次の三側面を挙げている。

(1). 試験舗装数種 (一般の粒状路盤タイプ・セメント安定処理タイプ・サンドイッチタイプ) の PSI を調査し、AASHO の PSI 予測値と比較検討する。

(2). フルスケールのモデル試験を実施し PSI の低下度合とくり返し輪数を調査する。

(3). 他の設計法 (AASHO, SHELL 等) による舗装厚と比較する。

⑤. 試験舗装の結果から、各種舗装タイプとも、実測による PSI が予測値より 0.6 ~ 1.2 大きい。これより予測値による PSI を基準にして、アスコン厚 10cm のオーバーデザインを指摘している。又、フルスケールのモデル試験においても実測による PSI は余り低下しない。設計法の比較ではスイス法が他の方法による舗装厚より厚い舗装である。以上の結果からスイスの設計法のオーバーデザインを指摘している。

①. F. Hugo, P.J. Strauss, G.P. Marais and T.W. Kennedy ; "Four Asphalt Pavement Case Studies Using A Mechanistic Approach", pp. 275~284.

②. 力学的手法を用いたアスファルト舗装の 4 つのケーススタディ・南アフリカ (丹治和裕)

③. 標準たわみ換算法により設計された薄層オーバーレイ箇所とアスファルト混合物に副標準材料を用いたオーバーレイ箇所の検討。

④. オーバーレイ前と現状のひびわれ、わだち掘れ、たわみ、曲率半径等を基に構造解析を行ない、さらにオーバーレイに使用したアスファルト混合物の材料評価を行なって考察する。

⑤. 標準たわみ換算法により設計された箇所は予想された疲労基準内によく保たれていたが、表層クラックが現れた箇所もあった。材料分析から薄層舗装には通常必要とされるスティフネスが比較的小さいばかりでなく疲労性能も示された。また、疲労の判定モードとしてのアスファルト層下の引張りずみや路床上の垂直ひずみの他にアスファルト上の引張りずみは動的荷重により二次的な水平せん断応力によることが示された。さらに、アスファルト混合物に慣例にとられない材料を使用して限られた交通容量の道路の設計や建設に適用できることも例証された。

①. J. Ros, A.C. Pronls and J. Eikelboom ; "The Performance of Highway Pavements in the Netherlands and The Applicability of Linear Elasticity Theory to Pavement Design", pp. 285~302.

②. オランダの高速道路のパフォーマンスと線形弾性論の舗装設計論への適合性・オランダ (佐藤喜久)

③. 各種の構造の試験舗装の測定結果を報告し、BISAR プログラムによる計算値との比較を行なう。

④. Rijkswaterstaat (National Public Works Department) の行った 9 case の舗装断面による舗装下の温度、歪、応力を測定する。材料特性は室内試験で求める。

BISAR プログラムの計算結果と測定結果を比較検討し、計算による予測疲労寿命と測定結果より求めた疲労寿命を比較する。これらにより現行の舗装設計法の検討を行なう。

⑤. オランダで用いるアスファルトのスティフネスでは、アスファルト層の下面、サンドセメントの下面および路床中の歪は計算値と実測値は良い一致を示すが高温時では測定歪は計算値よりも大きくなる。

舗装設計に用いる為にはアスファルト構造としては実測値と計算値のスティフネスは設計に導入できる。

BISAR による計算値からの予測疲労寿命は過大評価となり、路床歪を基準にした場合 1/4、アスファルトを基準にした場合 1/2 と推薦される。8 年間の測定結果から Shell の設計はオランダでは過度の厚さとなる。

①. H.J.N.A. Bolk ; "Prediction of Rutting in Asphalt Pavements on the Basis of the Creep Test", pp. 303~320.

②. クリープ試験にもとづいたアスファルト舗装のわだち掘れ予測法・オランダ (田井文夫)

- ③. クリープ試験による従来のわだち掘れ予測法 (Shell 法, Huscsek I 法, II 法) の精度比較からみた適用性の検討と静的および準動的クリープ試験による新しい予測法の開発を行う。
- ④. 各予測法の精度比較に用いるデータはオランダの国道 8 箇所の調査結果で、試験材料は調査箇所の路肩部より採取したコア (層別にスライス) を用い、回収 A_s 物性試験静的クリープ (40°C, $\sigma = 1 \text{ kg/cm}^2$, 60 分载荷 60 分除荷)、標準的クリープ試験 (40°C, $\sigma = 1 \text{ kg/cm}^2$, 5 分载荷 5 分除荷の 12 サイクル) を行う。
- ⑤. わだち掘れの経時変化は直線で近似できる。従来の予測法の中では Shell 法が良好な結果を示し、代替舗装の相互比較ではマニュアルとして整備され実用的であるが、一般に予測値は実測値より小で、経時的なわだち掘れ曲線の勾配も小である。新しい予測法は Shell 法と似ている面も多いが、相違点はアスファルト層の温度を 6 時から 18 時の月平均気温より求める点、一軸応力状態のクリープ試験結果を三軸応力状態に補正し、Shell 法と同等以上に実測値と一致し、わだち掘れ曲線の勾配も実測値と一致している。

- ①. C. Saraf ; "Verificaton and Calibration of PDMAP and COLD Computer Programs", pp. 321~332.
 - ②. **PDMAP と COLD コンピュータープログラムの検証と検定・アメリカ** (佐藤喜久)
 - ③. PDMAP プログラムの疲労クラックと永久変形予測結果と COLD プログラムの低温クラック予測の実測値との比較 (Verification) と予測モデルの定数の修正 (Calibration) を行なう。
 - ④. 構造材料・方法、交通量、自然環境、舗装断面構造を 1 つの特性として研究対象区域の選択を行ないデータの集積を行なう。PDMAP プログラムの為に 24 断面の疲労破壊、わだち掘れ量を、COLD プログラムの為に 10 断面による低温クラックデータを集積。
 - ⑤. PDMAP プログラムによる疲労破壊予測では実測値との比較により表層厚による区別が必要であり、2 inch 表層厚では 1.83 の 3 inch 表層厚では 3.47 の修正ファクターにより従来の予測式を 2 つに分け修正式を求めている。またわだち掘れ予測では実測値に比べ小さすぎる為 68.5 の修正ファクターにより修正式を求めている。
- COLD プログラムによる低温クラック確率予測に当って従来 60 秒载荷によるスティフネスを用いていたのに対し 10 秒载荷のスティフネスを用いて修正を行っている。この結果既にクラックを生じている舗装の予測では良い結果を得ている。また低温クラック確率の予測はアスファルトのグレードにより変わることを見出ししている。

- ①. William J. Kenis, James A. Sherwood and T.F. McMahon ; "Verification and Application of the VESYS Structural Subsystem", pp. 333~346.
- ②. **VESYS 構造設計サブシステムの検証と適用・アメリカ** (塩尻謙太郎)
- ③. 本論文は、たわみ性舗装構造のシミュレーションモデル VESYS- IIM の問題点に改良を加えた VESYS-IV を用いて AASHO 道路試験での測定値と予測値の比較を行なっている。
- ④. VESYS-IV サブシステムは、1) 応答モデル、2) 一般応答モデル、3) 破壊モデル (④ Rut-Depth Submodel, ⑤ Cracking Submodels, ⑥ Roughness Submodel)、4) 供用性モデルの 4 つのモデルから構成されている。AASHO の道路試験 (15 区間) において、わだち掘れ深さ、クラック率およびサービス指数の実測値と VESYS-IV による予測値とを比較したところ、構造断面や荷重条件が変化してもかなり高い信頼性のあることが確認された。又、新しい材料である Sulphlex を用いた舗装構造についての評価も検討した。
- ⑤. 過去 4 年間に改良した VESYS-IV 舗装設計サブシステムは、AASHO 道路試験の実測値と予測値に信頼性がある。

Session III. Evaluation 評価

①. 著者名, 原文題名 ②. 和文題名 (抄訳者名) ③. 目的 ④. 研究方法 ⑤. 研究成果

- ①. Walter P. Kilareski and Bassam A. Anani ; "Evaluation of in-situ Moduli and Pavement Life from Deflection Basis", pp. 349 ~ 366.
 - ②. たわみ理論による現位置弾性係数と舗装寿命の評価・アメリカ (東海林更二郎)
 - ③. 非破壊試験機 (Road Rater) を用いて, 舗装各層の弾性係数ならびに舗装の残存寿命を求める。
 - ④. 試験走路での各種舗装断面上に荷重車を走行させ, 各段階で Road Rater のたわみ測定を実施した。たわみデータをもとに BISAR を用いて各層の変形係数を算出した。また, BISAR によるアスコン層下面の引張歪とクラック率とから残存寿命を予測した。
 - ⑤. Road Rater の 4 つのセンサを用いて, 4 層構造の各層の変形係数を算出できた。
アスコン下面の最大引張歪とクラック率とから舗装の残存寿命を推定することができた。しかし引張歪の計算が難しいので, これと比例関係が認められた SCI (Surface Curvetur Index, センサ 1 とセンサ 2 の値の差) を用いた方法を提案した。この方法によれば, 舗装の SN (Structure Number) をパラメータとして, SCI を入れれば, ノモグラフより直ちに舗装の残存寿命が推定できる。なお, フルデプスでは SN に関係なく一本のノモグラフとなった。
-
- ①. R. Daryl Pedigo, Freddy L. Roberts, W.R. Hudson, and Fred N Finn ; "Distress/Performance Relationships And Overall Performance Concepts For Flexible Pavements", pp. 367 ~ 375.
 - ②. たわみ性舗装の疲労と供用性の関係ならびに全性能の概念・アメリカ (丹治和裕)
 - ③. たわみ性舗装の疲労と供用性の関係を吟味し, 舗装供用性モデルについて検討する。
 - ④. 既存のデータベースを利用して疲労と供用性の関係を検討し, その結果をふまえて舗装供用性モデルの方法論を展開する。
 - ⑤. たわみ性舗装のサービス性に影響を及ぼす疲労タイプにはひびわれとわだち掘れがある。5 mm 以下のわだち掘れはサービス性に影響を及ぼさない。また, 回帰分析によるひびわれがサービス性と最も相関が高く, その他の疲労変数を追加しても有意義な結果は得られなかった。これらの結果から舗装供用性モデルは通常の直接的な手法より間接的にあるいは相互に作用するモデルの方がふさわしいことが示された。また, システム的な舗装管理は設計・維持・復旧のための最も適切な計画を決定するための二者択一的な比較を要求されるため, 色々な因子を 1 つの全供用性指標に結合する次の 3 つの方法論が議論され, それぞれの有利な点や不利な点が示された。
 - a. Deduct Values (減衰値)
 - b. Utility Theory (効用理論)
 - c. Unique Sums (独自の計算)
-
- ①. David W. McKenzie and W. Ronald Hudson ; "Development of a Road Profile Statistic for Compatible Pavemente Evaluation", pp. 377 ~ 386.
 - ②. 舗装評価のための統計に基づく道路プロファイルの開発・アメリカ (竹田敏憲)
 - ③. Mayometer は道路表面のプロファイルをシュミレートする基本的な装置として, 多くの州で使用している。本論文では, Mayometer に代表されるレスポンスタイプのラフネス測定装置 (RTRRM) の標準的なキャリブレーションの開発と, ラフネスを評価するためのプロファイルの適切な統計化を試みている。
 - ④. 道路表面の特性を表わす指標として垂直加速度の二乗平均平方根 (RMSVA) を採用, 29 の舗装区間に 8 台の Mayometer を走行させ, 得られたデータを統計解析することによって検討した。
 - ⑤. RMSVA に基づくプロファイルの解析は, 標準的なキャリブレーションの方法として十分に利用出来る。また, PSR 予測式と Mayometer には良好な関係があり, Mayometer は乗心地の予測機となりうる。

①. M. DAUZATS and R. LINDER ; "A Method for The Evaluation of The Structural Condition of Pavements with Thick Bituminous Road Bases", pp. 387~409.

②. 厚い歴青路盤をもった舗装構造の評価法・フランス

(亀田昭一)

③. 既設舗装の供用性を調査・解析し、その結果から維持修繕の要否を判定する。

④. たわみ測定や Ovalization 試験から舗装の力学的挙動を評価する。

コアを採取して舗装構造や破損の程度を調査するとともに、直接引張試験や疲労試験を行い材料特性を評価する。直接引張試験では、温度、載荷時間を変えて歴青混合物のスティフネスを実測する。

コンピュータープログラム ALIZE III を用いて舗装の残存価値を求める。

⑤. 1. 現場における舗装厚、路床の支持力、材料特性の変動を考慮し、室内試験結果をもとに舗装の危険率を予測した。

2. 舗装厚や温度ならびに危険率に対する許容ひずみ、たわみ量、たわみ×曲率半径の関係が求められた。このことにより、舗装構造の総合的な評価が可能となる。

3. 直接引張試験結果から、歴青路盤材料の良否判定が可能。

①. W.T. Hoyinck, R. van den Ban and W. Gerritsen ; "Lacroix Overlay Design By Three Layer Analysis," pp. 410~420.

②. 3層弾性解析によるラクロア・オーバーレイ厚設計法・フランス

(安崎 裕)

③. ラクロアで測定した、たわみ量から既設舗装の強度特性評価とオーバーレイ厚設計を行うための手法について論じた。

④. 既設舗装の構造評価と所要オーバーレイ厚の決定を理論的に行うシュルの設計マニュアル等は、その入力パラメータを3層系弾性システムの解析より得る必要があるので、ここでは、初めに Hogg の2層モデルを考え、次に上部層を2層に分解して解し方法を採用した。実際の舗装構造の評価の手順は、チャート図を用いて、ラクロマたわみ測定値から理論たわみ量を求め、これを TRRL, AI 等で定義するたわみ量に変換し、既存の設計マニュアルを使って、構造評価を行う。

⑤. 二層系でのたわみを説明する単純な Hogg モデルは多層構造のたわみの実測値とも良く適合し、ラクロアで構造評価するのに十分なだけの良好な相関関係を有する。従って、調査が面倒なベンケルマンビームによらずとも、ラクロアによるたわみ測定から舗装の構造評価を行うことが可能である。

①. H.F. Southgate, G.W. Sharpe, R.C. Deen, and J.H. Havens ; "Structural Capacity in-place Asphaltic Concrete pavements from Dynamic Deflections," pp. 421~428.

②. 動的たわみによるアスファルトコンクリート舗装の支持力評価・アメリカ

(竹田敏憲)

③. ロードレータやダイナフレクトなど動的たわみ測定装置を用いて路床の弾性係数及び在来舗装構造の評価を行い、アスファルトオーバーレイ厚の設計を行う。

④. 手順は次の通り

1). 舗装構造とロードレータの各センサ位置におけるたわみとの理論的關係を求める。理論解析にはシェブロンコンピュータープログラムを利用する。

2). 荷重、温度、動荷重の周波数、アスコンの弾性係数、センサの位置などたわみに影響するファクターの補正をする。(補正方法についても詳述している。)

3). 実測および理論たわみからアスコン層の欠陥があるいはアスコン層より下の構造又は路床に欠陥があるのかを調べる。

4). アスコンの等値厚とたわみの関係からオーバーレイ厚を計算する。

⑤. この方法を用いて実際にいくつかのオーバーレイ設計をし、施工を行った。またここで示した方法は、周波数 25 Hz、600 ポンド (272.4 kg) の動荷重、温度 70°F (21.1°C) に基づくものであるが、他の動的試験装置で得られたたわみも、補正手段を講ずることによってこの論文で紹介した手法で解析出来るとしている。

①. M. Boulet and J.C. Gramsammer ; "Pavement Surveys as a mean to Define a Road Network Preventive Maintenance Policy," pp. 430~460.

②. 道路網の予防維持指針を定義する舗装調査・フランス (塩尻謙太郎)

③. 舗装の維持指針は、舗装状態を組織的かつ定期的に調査することが基本になることから、フランス道路研究所は、たわみ舗装を対象に、舗装構造の評価および路面性状等に関する非破壊調査システムを確立し、その原理、測定方法および適用法に関して説明している。

④. 構造評価は、1) Deflectograph, 2) Gerpho, 3) 高速振動機, 4) Inclinator, 5) Collograph で実施し、路面性状の評価は、1) SCRIM, 2) Laser roughometer, 3) 動的縦断プロフィール分析機, 4) Rut meter 等で行なわれる。上記に示した評価を基に、舗装構造上、安全性および路面状態は、serviceability indicator とその水準によって分類され、これらの水準に伴って維持の優先順位が決定される。

⑤. 舗装構造の評価、路面性状等に関する非破壊調査システムを用いて維持指針を確立することは、舗装の急激な破壊を防止し、舗装の維持に使用される予算を減少させる効果がある。

①. A.C. Pronk and R. Buiters ; "Aspects of the Interpretation and Evaluation of Falling Weight Deflection (FWD) Measurements", pp. 461~474.

②. FWD 試験の解釈と評価 (東海林更二郎)

③. オランダでは既設舗装の評価や舗装設計等に FWD が多く使用されるようになってきたが、試験結果を解析する際に問題となる点を検討する。

④. フルデプス舗装を中心とする各種舗装構造に関し、多層弾性構造に関し、多層弾性モデルを用いた FWD の調査結果を解析した結果と他の試験 (表面波伝播測定や切り取り供試体の室内試験等) とを比較検討した。

⑤. 慣性の効果について今後の検討が残されているが FWD 試験は舗装構造の評価に関し信頼できる方法であることがわかった。ここでは FWD を静的載荷として計算したが、良い結果が得られている。

FWD は Lacroix Deflectometer やベンケルマンとも非常に良い相関を持ち、より信頼性が高かった。

FWD は路床、路盤の評価にも信頼できる迅速な測定方法であるが、クラックが多い場合は 2 層系として計算した方が良かった。また、FWD はフルデプスの測定評価に非常に良い方法であることがわかった。

フルデプスでない場合は、パラメータの影響が大きくなるが、特に $E_2 > E_1$ となるようなセメント処理路盤等の場合についてより良い計算方法を検討中である。

①. J.M.M. Van der Loo ; "Simplified Method for Evaluation of Asphalt Pavemente," pp. 475~481.

②. アスファルト舗装に対する評価の簡単な方法・オランダ (大久保高秀)

③. FWD を用いたアスファルト舗装の評価法の開発

④. アスファルト舗装構造は、アスコンの疲労破壊と路床の永久変形を破壊基準として、弾性理論により決定する。この舗装構造に対し弾性理論を用いて表面曲率指数 (S.C.I.) を算出し、車輪通過回数と関係づけ、評価基準とする。

$$S.C.I. (\text{表面曲率指数}) = \epsilon_0 - \epsilon_{600}$$

ϵ_0 : 荷重直下のたわみ量

ϵ_{600} : 荷重直下から 600 mm 離れた位置のたわみ量

⑤. オランダにおけるいくつかの道路について S.C.I. を用いた残余寿命を求めた例を示している。

Session IV. Pavement Management System 舗装管理システム

①. 著者名, 原文題名 ②. 和文題名(抄訳者名) ③. 目的 ④. 研究方法 ⑤. 研究成果

- ①. A. A. A. Molenaar and Ch. A. P. M. van "A Pavement Management System for Provincial Roads in the Netherlands," pp. 485 ~ 499.
 - ②. オランダの地方道路における舗装管理システム・オランダ (秋本 隆)
 - ③. 維持の問題を解決するのに有効な手段である舗装管理システムの紹介。
 - ④. 舗装性状調査には2つのレベルがある。1つはネットワークレベルの調査で、それは全道路網を短期間で覆うために単純な調査(視察調査・乗り心地係数の測定・すべり抵抗測定)であり、もう1つのプロジェクトレベルの調査(たわみ測定・縦断プロフィール測定・永久変形測定)は最適な維持修繕計画を選択するものである。この両者の調査方法の説明と、供用性についての解析をする。
 - ⑤. 舗装管理システムは効率的で単純な2つのレベルの技術的評価によって作られている。またこれは強度・乗り心地・すべり抵抗性等の舗装状態の供用性の低下を予測するパフォーマンスモデルの進展に充分配慮している。さらに舗装網を維持するのに必要な予算の技術的評価とプロジェクトレベルでのオーバーレイの最適方法(厚さ・施工時期)が示されている。
-
- ①. Cesar A. V. Queiroz and W. Ronald Hudson; "Improved Pavement Performance Relationships in Brazil," pp. 500 ~ 510.
- ②. ブラジルにおける改良された舗装供用性に関する関係式・ブラジル (寺本 哲)
- ③. より合理的な舗装設計、マネジメントのため、ブラジル特有の気候、土壌等の条件に適応した舗装供用性(縦断凹凸、ひびわれ、わだちぼれ)に関する予測式を得て、これをもとにした舗装設計サブシステムを開発する。
- ④. 1975年より行なわれたブラジル各地における舗装追跡調査結果より、構造条件、環境条件、荷重条件等の現場データの関数として舗装表面縦断凹凸形状(QI; Quarter-car Index), ひびわれ発生時点(LN), ひびわれ度(CR)に関する回帰式を得る。また、これらの舗装供用性に関する指数を、層理論により求める舗装内の応力、ひずみ、たわみ量の関数として表わすことを試み、これらとコストに関する関係式から、舗装設計最適代替案選定システムのプログラムを作成する。
- ⑤. 上記3指数に関する経験式が、交通量、経年数およびベンケルマンビーム(ダイナフレクト)たわみ量修正構造指数などの関数として得られた。また、層理論による応力、ひずみの関数としての関係式も得られたが現在のところ、実用性の点からみて経験式の方が有力であると思われる。
-
- ①. M. S. Snaith, H. J. H. Bailie, E. T. Stewart and D. M. Orr; "An Integrated Maintenance System for the Assessment, Diagnosis, and Treatment of Flexible Pavements," pp. 511 ~ 522.
- ②. たわみ性舗装の評価、分析、処置に関する総合メンテナンスシステム・北アイルランド (寺本 哲)
- ③. より迅速かつ妥当な舗装の維持修繕作業を行なうため、路面性状調査、舗装強度・路面性状に関する試験、およびデータの蓄積を系統化した舗装メンテナンスに関する総合システムを開発する。
- ④. 主に舗装修繕作業の優先順位を査定するための路面性状調査法として、EnglandのCity Engineers' Groupにより開発された"MARCH"プログラムを採用し、これを北アイルランドの実情に合わせクラックにわだちぼれより大きく重みをもたせる等の修正を行ないより有用な調査システムを確立する。また、より迅速で正確な舗装性状評価法としてベンケルマンビーム試験、デフレクトグラフ、Bump Integrator (riding qualityの評価) SCRIM(すべり抵抗性の評価)などの試験法を導入するとともに、前述の路面性状調査結果と対応づけてデータバンクに保存するシステムの開発を試みた。
- ⑤. これらの成果として得られた総合舗装メンテナンスシステムが完成し、現在北アイルランドで有効に使用されている。

- ①. Ir. G. H. Kellersmann and Ir. J. v. d. Klooster; "Rational Pavement Management in The City of Amsterdam", pp. 523~533.
- ②. アムステルダム市における合理的舗装管理システム・オランダ (安崎 裕)
- ③. アムステルダム市で1978年以降に実用化された道路データバンクを用いた舗装管理システムの概要の紹介
- ④. 道路データバンクは市内の道路を約 6,300 の街区 (1 街区の延長は 100 ~ 250 m) に分割し, 各街区の固定データとして車道, 歩道等の舗装工種, 面積等が, 変動データとして視察調査の結果等が入力されている。視察調査は全街区を対象に 2 年毎の周期で行われる定期調査と, 定期調査で要注意と判定された街区を対象とする詳細視察調査とより成る。視察調査の結果と特に不良街区の道路の損傷の種類・程度はデータバンクに記録される。
- ⑤. 道路データバンクを利用して, 維持予算と維持水準との関係を明確にすることができ, 維持予算の適正化を図ることが可能となる。

- ①. R. V. Leclerc and T. L. Nelson; "Washington State's Pavement Management System," pp. 534~552.
- ②. ワシントン州の舗装管理システム・アメリカ (秋本 隆)
- ③. 道路管理機関が実質的に減少している財源を有効に活用して快適で安全かつ経済的な舗装を供給するために各々のプログラムを組合せてその実施方法を調整する。
- ④. 舗装管理システムを 4 つの大きな段階のデータ処理をするプログラムにわけて説明している。(1)各地域からの情報が入力される舗装データのマスターファイルの作成と更新。(2)判定段階—各々のプロジェクトによる舗装わだちの評価とパフォーマンス曲線の作成。(3)プロジェクトレベルの最適条件—各々のプロジェクトによる舗装修繕の時機とタイプを選択する。(4)ネットワークレベルでの最適計画のプログラミング—システムで得られた供用性の予測をベースとしたプログラムの組合せ。
- ⑤. 舗装管理システムは道路の設計・施工・補修の予算区分をすることができ, プロジェクトレベルの分析・設計に必要な情報を技術者に提供し, それをもとに意志決定をするための有効な情報 (must・should レベル) を与える。また, これは時機・タイプ等選択された結果を経済性の面から評価するシステムである。

- ①. David R. Luhr, B. Franh McCullough, and Adrian Pelzner; "Development of an Improved Pavement Management System", pp. 188~192
- ②. 舗装管理システム (改訂版)・アメリカ (阿部忠行)
- ③. 米国の森林協会は軽交通ではあるが 42 万 km の道路を管理し, 予算規模も約 2.6 百万ドルに達している。これらの道路舗装の合理的な設計と管理を行なうための舗装管理システムを完成させることを目的とする。
- ④. 本研究は森林協会とテキサス大との共同で開発したものであり研究の方法は次のとおりである。(i)舗装構造の検討と舗装の挙動特性を正確に把握するためには線形弾性論とともに非線形弾性論を利用すべきであるとした (ii)砂及び粒状材のレジリエント・モジュラス (M_R) は次式によって求めた $M_R = A \sigma_a^B$ (砂), $M_R = K_1 \theta^{K_2}$ (粒状材) (iii)供用性変化の指標として供用性変動指数 (P.V.) を導入した。 $(P.V.) = \frac{\Delta PSI}{\Delta Traffic}$ (P.V.) は累積交通量 (或は単に交通荷重) の変化に対する PSI の減少度合である。(iv)供用性の変動は季節によって異なるとして, 季節変動を明らかにした。
- ⑤. 本研究で得られた成果は次のとおりである。(i)PSI ~ 交通量の予測には (P.V.) が利用出来る。(P.V.) と交通量の関係の曲線下部の面積が指標となる。(ii)材料の入力条件が明確になった。(iii)利用者費用も考慮した。
このプロは以上の入力条件を考慮することによって, 合理的 (経済的) な設計断面を算出することができる。

- ①. P.D. Thompson and L.W. Natherly, "The Development and Use of a Pavement Management System in the United Kingdom," pp. 193 ~ 197.
- ②. 英国における舗装管理システムの開発と利用の現況・イギリス (阿部忠行)
- ③. 本論文は、英国における舗装の評価方法と対処工法に対する検討システム (Computerised Highway Assessment of Ratings and Treatments ~CHARTと呼称) の発展経過を中心に述べるとともに各種の計測技術について報告したものである。CHART システムの開発の目的は、道路現況を把握することと、それを舗装管理システムに拡張することであった。
- ④. 道路管理者の多面的な要望に答えるために次の11項目について調査を行い、台帳方式、直接方法 (結果を直接電算に入出する)、COPAC で整理した。(i)わだち掘れ (ii)クラック (iii)車道部全体の大きな破損 (iv)車道部全体の小さな破損 (v)逆勾配 (vi)端部の破損 (vii)排水良否 (viii)パッチング (ix)歩道部の破損 (x)縁石の不良の破損。以上の記録は利用し易いようにラインプリンタ、テープ、マイクロフィルムの形で出力した。更に測定機器によってたわみ (デフレクトグラフとデフレクトビーム)、すべり (TRRL SCRIMmachine)、平坦性 (TRRL プロフィールメータ) を測定した。
- ⑤. 本システムは現在英国の多くの道路管理者に利用されている。とくにサブシステム Data Port らは有効に利用されている。

- ①. R. Kalkarni, K. Golaki, F. Fin, E. Alviti, L. Nazareth and G. Way ; "Development of a Pavement Management System for the Arizona Department of Transport" pp. 575~585.
- ②. アリゾナ運輸交通局における舗装管理システムの開発・アメリカ (池田拓哉)
- ③. 限られた補修予算を、最も効果的に利用し、道路の質を良好に保つ舗装管理システムを開発する。
- ④. 路面の性状を全部で 120 水準に区分し、観測されたデータより、ある補修工法を行った場合に、路面水準 a から b に変化する確率 (遷移確率) を推定する。この確率にもとづいたマルコフ過程により路面性状の変化を予測する。一方、個々の補修工法に対して単位コストを求めておく。この単位コストに補修延長を掛けることにより、維持管理費用が算出できるわけであるが、本システムでは、この費用を最小化することによって、最適補修計画を決定する。
- ⑤. このシステムにより、与えられた予算でなしうる、最高の整備水準を達成できるようになった。また、このマルコフ過程は、比較的短時間のうちに定常化するため、物価上昇分を除く長期的な維持管理費用が一定となり、補修計画を単純化できる。また、与えられた補修予算で達成可能な整備水準がわかるので、予算の増減に対する整備水準の変化を示すことができる。

- ①. M. A. Karan, R. Haas, D. A. Kobi and A. Cheetham ; "Implementation and Verification Examples of Successful Pavement Management" pp. 586 ~ 597.
- ②. 舗装維持修繕の実施及び実証例・カナダ (池田拓哉)
- ③. カナダ交通運輸局で開発した舗装維持管理システムを、小規模ながら実際の道路に適用してみる。
- ④. まず管理対象となる路線の路面性状値を測定する。この測定値から路面性状を表わす指数を算出し、現在の状態を把握するとともに、マルコフ過程を利用した予測モデルに従って路面性状の推移を予測する。この推移に対して、予算の制約内で利得を最大化するような最適化計算を行い、維持管理計画を決定する。本システムでは、補修予算が少ない場合には、補修は延期され、逆に潤沢な場合には、寿命が来る以前に補修を行うように、10年間の各路線に対する補修工法と補修時期を、最終結果として出力する。
- ⑤. 舗装維持管理システムの優劣は、収集されたデータの良否によって左右されるが、本システムでは ARAN ユニットという自動計測機と、大型計算機によるその後処理によって、データ収集の自動化、高速化、簡便化を図り路面性状の把握が適確にできるようにした。また、補修予算の制限内で、最適補修計画を出力するため、予算の増減による道路の質的な変化をシミュレーションできるようになった。

Session V. Rehabilitation 修繕

①. 著者名, 原文題名 ②. 和文題名(抄訳者名) ③. 目的 ④. 研究方法 ⑤. 研究成果

- ①. David W. Poffer and W. Ronald Hudson; "Optimization of Highway Maintenance and Structural Rehabilitation," pp. 601~612.
 - ②. 道路維持・構造修繕の最適化・オーストラリア (鈴木秀敏)
 - ③. 道路維持管理システムにおける種々の問題について使用者側費用をベースに検討を加える。
 - ④. 既存の舗装管理モデル, 道路設計モデル(建設サブモデル, 道路劣化維持サブモデル, 使用者側費用サブモデル) および舗装劣化サブモデルの中から適用の可能性のあるものを選択し, これらに以下に述べる組み合わせの中での 243 ケースについて適用し分析する。
 - 1) 維持戦略の構成選択要因および総費用に影響を与える要因……10要因(分析期間, 交通量, パッチング率 etc)
 - 2) 各要因における水準数……3水準
 - ⑤. 上記ケースをベースとした回帰モデルは各項目に対して多く点を明らかにしたがその主な点は次のとおりである。
 - 1) 維持活動は総費用に大きく影響を与え, 推奨される維持方法は検討するケースに応じて大きく変化し, 実質的な経済的利得を生む。
 - 2) 低い縦断凹凸レベルでのオーバーレイが有効
 - 3) 厚いオーバーレイより薄いオーバーレイの方が好ましい。
 - 4) 割引率は費用に大きな影響を与える。
-
- ①. R. L. Lyffon, D. T. Phillips and C. V. Shanmugham; "The Texas Rehabilitation and Maintenance System" pp. 613~625.
- ②. テキサス州の維持・修繕システムについて・アメリカ (井上武美)
- ③. テキサス州道路局の舗装マネジメントシステムを構成する維持・修繕のプログラムの紹介
- ④. プログラムは, 整数計画法と動的最適化モデルを使った数学モデルとコンピュータプログラムからなる7種で構成されていて, RAMS シリーズと称される。7種のプログラムは, より経済的な維持・修繕工法の計画と実施, 各種維持・修繕工法の利点の定量化, 制約条件下での維持・修繕計画を導き, 最大の有効性を有す最適な維持・修繕政策が定められるよう各々の役割を持ち, 連携して使用するようになっている。

最適化の基準は, 制約された財源内で, 舗装維持が全体として最大の利益が得られる方法をとっている。

RAMS シリーズの適用例として, 予算に対し2~27%の有効性が得られる事を示している。
- ⑤. RAMS シリーズは, 全ての維持・修繕計画に有効に利用出来, この種の目的がある場合に応用し得るものである。
-
- ①. Ralph Haas, Alan Cheetham and M. A. Karan; "A. Method for Integrated Priority Programming and Budget Level Analysis for Pavement Maintenance and Rehabilitation," pp. 626~636.
- ②. 舗装維持修繕のための総合優先プログラミング方法および予算レベル分析・アメリカ (鈴木秀敏)
- ③. 選ばれた任意の計画期間において舗装道路網の維持修繕をプログラミングするための総合的な方法の開発。
- ④. 舗装の実態調査データの収集に始まり, 利用可能な維持策と修繕策とそれらに関連する単価とともに費用の上で最も効果的な維持策を選択するための分析を行ない, さらにパフォーマンスの分析と便益最大化モデルによって最適優先修繕策を決定するための計画的維持修繕システムを開発し, このシステムを採用しているオンタリオ州のケンブリッジにおける事例を紹介する。
- ⑤. 維持修繕プログラミングシステムは維持プログラミングサブシステムと修繕プログラミングサブシステムからなり, 維持プログラミングサブシステムにはさらに舗装の種類ごとに異なるサブルーチンをもつ。舗装網入力

は舗装のタイプ別と区間別とでなり、舗装実態が分析され、次いで維持費用が計算されて供用性との関係が回帰分析により計算される。修繕プログラミングシステムは順位決定のための合理的な序列因子（交通量、路床強度、舗装厚等）を用いパフォーマンス予知方法を備え、計画期間における平均的な舗装網供用性を限られた予算レベルで最も高いレベルを保持するシステムを開発した。

- ①. M. Y. Shahin and S. D. Kohn; "Airfield Pavement Performance Prediction and Determination of Rehabilitation Needs," pp. 637~652.
- ②. 空港舗装の性状予測と舗修必要性の決定・アメリカ (八谷好高)
- ③. 舗装の性状評価からその将来予測、さらに維持・補修計画の立案までにわたる空港アスファルト舗装の管理システムを開発する。
- ④. 舗装の状態を表わす指標として PCI (Pavement Condition Index, 0~100) を確立し、実際の舗装のデータを分析することにより将来の PCI を予測する。また、舗装の破損発生率が供用年数に対して正規分布するとみなして舗装の破損の予測をする。これらを用いて life-cycle cost analysis を行うことにより最適な維持・補修方法を決定する。
- ⑤. PCI を舗装の破損の形式 (16種類)、程度 (1~3種類)、密度 (0~100%) の関数で表わし、将来の PCI の予測式を舗装の供用年数、表・基層厚、路床・路盤の材料特性、交通量等で表わした。また、PCI の値により 4 つの維持・補修区分を設け、それぞれの区分ごとに複数個の維持・補修方法を定めた。そして、これらの方法により舗装を維持・補修する場合の life-cycle cost を算出し、維持・補修工事に伴う交通障害や環境問題等を考慮した上で、最適な方法が決定される。なお、このシステムを実際の空港へ適用した例も示されている。

- ①. P. C. Koning; "Development of a System for Efficient Pavement Management for Municipalities." pp. 653~670.
- ②. 自治体のための効率的舗装管理システムの開発・オランダ (荒井孝雄)
- ③. オランダにおける自治体道路管理者による効率的な道路管理に適用するためのシステム開発。
- ④. 1976年に、道路建設研究センターが官民諸機関や団体からなるワーキンググループを設立し、システム開発に当った。暫定システムから出発し、適宜修正し、実務で検証しながら進められた。最終的には全国道路ネットワークのデータが取得された。また、モデル自治体選ばれて、重点的調査もなされた。
- ⑤. 数年間の視察検査と維持修繕の測定より、維持修繕基準とそれに対する標準の確立、経時的挙動の予測法が研究され、維持修繕の計画技術が開発された。効率的道路管理システムでは、①長期と短期の維持修繕計画が立てられること、②計画の代替え提案に対して、財政的効果と技術的効果を迅速かつ客観的に提示できること、③維持修繕活動の優先順位を決定できること、等の機能が必要であり、それが満足されるように管理システムの技術的基本モデルが確立され、長期、中期、短期の維持修繕計画立案へと適用が計られた。

- ①. Per Ullidtz and Kenneth R. Peattie; "Programmable Calculators in the Assessment of Overlays and Maintenance Strategies," pp. 671~681.
- ②. プログラム計算によるオーバーレイ設計と維持修繕手法の評価・デンマーク (野村敏明)
- ③. オーバーレイ適用後の舗装各層の残余寿命決定と経済的に最適な維持修繕手法の選定を行う。
- ④. (1)既設舗装の供用性 (PSI, PSR) を調査し次式より許容応力 σ_z を決定する。

$$N = A \times (\sigma_z / \sigma')^B \times (S / S')^C \times (P_I - P_T)^D$$

N: 初期供用性 P_I から最終供用性 P_T に減少するまで繰返し載荷数、 σ' , S' : 参考値
S: 強度パラメーター (変形係数または CBR) A, B, C, D: 定数

(2)FWD 等を用いてたわみ測定を行い各季節毎に温度・載荷時間を設定して各層の Modulus を決定する。これらのデータから多層弾性理論に基づく 2 つのプログラムを用いて最適な維持修繕設計を行う。
- ⑤. オーバーレイ厚舗装維持修繕プログラムにより、一度に多量の道路区分・種々の維持修繕手法の中から交通・気象条件および限定された補修予算に応じて機能的かつ経済的に最適である補修方法の選定を可能にした。

- ①. B. de la Taille, P. Schneck and F. Boudeweel; "Esso Overlay Design System", pp. 682～694.
- ②. エッソオーバーレイ設計システム・フランス (亀田昭一)
- ③. 多層弾性理論電算プログラムを用いて、既設舗装のモデル化を行い必要オーバーレイ厚を決定する。
- ④. 設計手順は、下記のとおりである。
 - (1). コアの採取やたわみ測定、CBR試験などから舗装モデルに必要な層厚、弾性定数を決定する。
 - (2). オーバーレイに用いられるアスファルト混合物を何種類か選択し、各種動的試験（クリープ、疲労など）を行う。これらの試験結果から各々の混合物の力学的性状（スティフネス、永久変形抵抗性、疲労抵抗性）
 - (3). 将来交通量から既設アスファルト層下面に生ずるひずみの許容値を定め、各々の混合物に対する必要オーバーレイ厚を算定する。
 - (4). 力学的性状に優れ、オーバーレイ厚が比較的小さい値を示す混合物を選定する。
 - (5). 算出されたオーバーレイ厚が厚い場合には、オーバーレイ層を2層構造にする。
- ⑤. 舗装をモデル化することにより、オーバーレイ施工後のたわみ量や舗装内に生ずるひずみ・応力の計算が可能となり残存寿命を予測することができる。

- ①. V. Veverka and J. Rodin "Pavement Evaluation and Overlay Design, Practical Method of the Belgian Road Research Center" pp. 695～708.
- ②. 舗装の評価とオーバーレイ設計、ベルギー道路研究所の実際的な方法について・ベルギー (井上武美)
- ③. 既設アスファルト舗装の評価とオーバーレイ設計法に関する実際的な方法を求める。
- ④. 既設舗装の調査を、舗装評価に必要なたわみやひびわれなどのパラメータと舗装構造および供用実績などについて実施し、寿命予測に及ぼす影響因子を統計処理する。これらの結果から、ひびわれとわだちについての破損予測モデルを経験と理論とについて求め、それぞれのモデルの検証を行ない、更に、残存寿命予測の適合性を検討する。いずれの適合性も良好として、残存寿命から求まる疲労指数と、ひびわれとわだちから求まる構造指数とを組合せて、供用レベルに応じた舗装評価を行なう。評価の結果、疲労指数が不満足で、構造指数は満足している場合に、2層弾性論による方法と多層弾性論による方法でのオーバーレイ設計法を提案する。
- ⑤. 舗装の供用実績とその評価および多層弾性の適用とから合理的な評価法とオーバーレイ設計法が求まった。評価値には、破損程度、たわみ、わだち掘れ深さ、および累積大型車交通量とが含まれ、疲労と構造状態とが定量化でき、舗装の診断と対応策が可能となった。

- ①. N. W. Lister, C. K. Kennedy and B. W. Ferne; "The TRRL Method for Planning and Design of Structural Maintenance," pp. 709～725.
- ②. 構造的維持修繕の計画設計法 (TRRL法)・イギリス (羽山高義)
- ③. 舗装の構造強化 (オーバーレイによる修繕) に投ぜられる巨額の投資を効果的に運用するための新しい設計法の開発。
- ④. TRRLの既往のデータから、交通供用による舗装のたわみ量の変化と寿命の関係を、限界状態 (critical condition) の考えを導入して整理する。一方、限界たわみ量をパラメータとする。寿命と必要オーバーレイ厚の関係を求め、設計曲線として整理する。
- ⑤. 舗装の破損が起ってから補修を行ってきた従来の方法は経済的ではなく、適時の補修が望まれていたが、ここで報告した方法は、たわみ量の変化から残存寿命を適格に把握でき効果的であり。必要なオーバーレイ厚も容易に求めることができる。英国ではこの方法を補修の計画、設計に用い始めており、入力データの電算機処理も行える。なお、たわみ量と寿命の関係は、路盤のタイプ (4種類) にのみ依存する。従って、その関係図は4種類ある。オーバーレイ設計曲線は、施工前の損傷の状態2種類について作成するものとし、さらに路盤タイプ毎として、合計8種類を用意する。

- ①. J. Medina, E. S. Preussler, S. Pinto and L. Motta: "A Study of Resiliency for Pavement Design in Brazil," pp. 726~737.
- ②. ブラジルにおける舗装設計のための弾性的挙動の研究・ブラジル (林 誠之)
- ③. ブラジルの高速道路の破壊はトラックのくり返し载荷によるが、現行設計法には疲労が考慮されてない。くり返し载荷後の弾性率を舗装材と路床土に関し求め、このデータを FEPAVE に入れて得た値と実測たわみを比較。
- ④. 土および粒状材料は三軸試験、アスファルト混合物は間接引張試験で弾性率を求めた。測定前くり返し 200~500 回。アス混については同法で応力制御式疲労試験を行い、変形計算プログラムは米国カリフォルニア大 FEPAVE 2 を使用。
- ⑤. (1) 得られた弾性率を使って得たたわみ計算値は複輪によるベンケルマンたわみ実測値と合った。
(2) 弾性率の使用により舗装材と厚さの最適値が求まるとともに、たわみを低減し寿命を延ばせる。
(3) アスファルト混合物のくり返し試験による疲労寿命曲線をオーバーレイ設計法に組み込んだ。

Session VI. Material Properties 材料特性

- ①. 著者名, 原文題名 ②. 和文題名 (抄訳者名) ③. 目的 ④. 研究方法 ⑤. 研究成果

- ①. J. P. Marchand and H. Goacolou; "Cracking in Wearing Courses", pp. 741~757.
- ②. 舗装の表層のクラック・フランス (野村健一郎)
- ③. 舗装内部におけるクラックの発生, 成長, 及び伝達のメカニズムの解析
- ④. 舗装内部に発生するクラックに関し, 有限要素モデルを作成し理論的解析を行なうと同時に, フィールドテストを実施し, 内部にクラックが存在する場合の舗装の挙動について, 荷重载荷時の路面のたわみ, 及び曲率半径を測定し, 解析を行なう。また, これらの結果を基に, クラックの上層への伝播時間を考慮したオーバーレイ厚の決定法を検討する。
- ⑤. クラックを表現するために有効な 2 次元有限要素モデルが得られた。また, フィールドテストの結果, 表面に現われていない内部のクラックを, 荷重载荷時の路面のたわみ, 及び曲率半径を測定することで発見できることが明らかになった。なお, これらの結果を踏まえて, クラックの上層への伝播時間を考慮したオーバーレイ厚の決定法を検討した結果, 内部に存在するクラックの, 温度応力による舗装表面迄の上層への伝播時間は, 例えば, 6 cm の表層厚を 10 cm にすることで, 10 倍に増加することが明らかになった。

- ①. K. P. George and S. K. Nair; "Probabilistic Fatigue Design for Flexible Pavements," pp. 758~767.
- ②. 疲労特性に基づくたわみ性舗装の構造設計法・アメリカ (羽山高義)
- ③. 統計的に分布する入力条件下での疲労破壊に着目したたわみ性舗装の構造設計法の開発
- ④. 現場条件 (輪荷重, 温度, 路床支持力, 舗装構造) を仮定してその組合せ合計 900 条件について基層の引張りひずみを計算し, この値から走行位置に 10% のクラックが発生する繰返し载荷回数 N_f と現場条件との関係式を回帰式として現わす。単位損傷 $1/N_f$ を積分した値に破壊までの予想累積交通量を乗じたものが, 累積疲労損傷の推定値 μ_d になる。一方, μ_d は変動係数 C_d と信頼度 R で現わしておく。従って, C_d と R を与えれば μ_d が求められ, さらに, 累積設計交通量, 輪荷重, 温度, および路床支持力を与えることにより μ_d が

ら舗装構造が決定できる。ただし、輪荷重、温度、および路床支持力は換算値や平均値を用いるのではなく、実際のデータを統計処理してそのまま用いる。

- ⑤. AASHTO 法およびゼロメンテナンス法と計算比較を行ってみたところ、ここで提唱した方法は両者の中間的な層厚を導くものであることが判り、妥当な設計法であると判断した。

- ①. Kirwan R. W., Farrel E. R., Hartford D. N. D., Orr T. L. L. "The Interpretation of Repeated Load Parameters for a Glacial Subgrade From Soil Proper Ties", pp. 768~779.

- ②. 土の特性から見た一路床土の繰返しパラメーターの検討・イギリス (谷口豊明)

- ③. 特定の路床土 (Brown Till) のレジリエントモデュラス (M_R) および永久変形パラメーターの推定値を室内試験から簡単に求める方法を検討する。

- ④. 繰返し三軸試験と室内舗装シミュレーターによる試験を行ない、含水比、乾燥密度、応力レベル、応力履歴が路床土の M_R と永久変形パラメーターに及ぼす影響を調べる。

- ⑤. 室内試験より以下のことが判った。

i) Till の M_R は応力レベルと応力履歴に影響を受ける。

ii) Till の M_R は乾燥密度よりも含水比の変化に敏感である。

iii) M_R の推定式 $M_R = 100 \times CBR$ は CBR が 20% 以上では誤差が大きくなる。

iv) 永久変形は含水比に敏感である。

- ①. B. F. Mc Clough, S. B. Seeds: Field Validation of an Overlay Design Procedure to Prevent Reflection Cracking, pp. 780~791.

- ②. リフレクションクラック防止のためのオーバーレイ設計法の屋外での検証・オーストラリア (福手 勤)

- ③. コンクリート舗装上のアスコンによるオーバーレイに発生するリフレクションクラックを力学的に表現するモデルを作成する。

- ④. リフレクションクラックは、(i) 温度変化に伴う既設コンクリート版の目地幅の変化に起因する水平引張りひずみ ϵ_t と、(ii) 目地部における交通荷重伝達の不完全さに起因する垂直せん断ひずみ γ によって発生するとしている。本モデルでは、これら 2 種類のひずみの大きさは静的な線形弾性計算によって推算される。さらにそれらはマイナー則を媒介としてアスコンの疲労曲線と結びつけられることによって、リフレクションクラックの発生率と結びつけられることになる。

- ⑤. 本モデルの Sensitivity Analysis の結果、 ϵ_t にはアスコンのクリープ係数、コンクリートの熱膨張係数などが、また γ には目地部の荷重伝達率などが大きな影響を及ぼしていることがわかった。さらに Texas 州の舗装でのデータを用いて検証したところ、本モデルは実測値をよく評明できることがわかった。

- ①. J. L. PAUTE and J. MARTINEZ; "Structural Finite Element Design of Unbound Material Pavements From Cyclic Loading Triaxial Tests", pp. 792~804.

- ②. 繰返し三軸荷重試験をもとに非安実処理材を用いた舗装の有限要素法を用いた設計法・フランス

(松本俊雄)

- ③. 周期的な三軸荷重により舗装材料や路床土の応力-弾性ひずみ、応力-永久ひずみの関係を推定する。また有限要素法により舗装内の各点の応力を計算し上記の実験結果と照らし合わせ、舗装構造内の各点の沈下量を求める。

- ④. 材料実験は、三軸セル試験装置を用いて行った。荷重は、空気圧ジャッキによる圧縮力とセル内部の圧縮空気による圧力とで与えられる。これら二つの応力を種々に組み合わせ供試体に作用させ、作用させた応力と供試体の軸方向、半径方向のひずみを測定した。

- ⑤. 舗装構造内の沈下量を求めるには次の二通りの方法がある。

1) 舗装構造内の応力を有限要素法で算出し、これらの値と実験により求めた応力-弾性・永久ひずみの関係を照らし合わせて求める方法。

2) 実験により得られた永久ひずみ係数と各層のスティフネスを有限要素プログラムから求める方法。

- ①. T. C. Jhonson, D. M. Cole, and L. H. Irwin; "Characterization of Freeze / Thaw-Affected Granular Soils for Pavement Evaluation," pp. 805~817.
- ②. 凍結／融解の影響による粒状材の特性評価・アメリカ (大坪義治)
- ③. 凍結・融解によって影響される粒状路盤材の特性を評価するため、室内試験と現場試験を実施し、各材料のレジリエントモデュラス (Mr) を重回帰分析によって求める。
- ④. 粒状路盤材……凍結～融解完了まで順次シミュレート、路床……凍結前の状態、アスコン……-10℃～39℃の状態、現場試験 (Falling Waight Daflectometer FWD 試験・Repeated Plate-Bearing RPB 試験) の載荷条件に合わせて動的三軸試験を実施。(アスコンについては動的圧縮試験) これより各材料の各条件下における Mr を求めた。また、室内試験より得られた Mr と多層弾性理論 (NELPAV) でたわみ形状を計算し、実測値と比較した。
- ⑤. 凍結～融解完了の各過程における Mr ～応力変数の重回帰式が得られた。
たわみ形状の比較によって舗装を評価する際、NELPAV は有効なプログラムである。

- ①. R. L. Lytton, U. Shanmugham: "Analysis and Desigm of Pavements to Resist Thermal Cracking Using Fracture Mechanics", pp. 818~830.
- ②. 破断力学を用いた、温度ひびわれに耐える舗装の解析と設計・アメリカ (福手 勤)
- ③. 破断力学 (Fracture Mechanics) の考え方に基づいて、アスファルト舗装の温度ひびわれの進行をシミュレートするモデルを作成する。
- ④. 破断力学は $dc/dN = A (\Delta K)^n$ で定義される。ここに、C: ひびわれ長さ、N: 温度応力の繰返し数、 ΔK : ひびわれ先端での応力集中係数の変化、A, n: アスコンの破断特性である。これらのうち K は有限要素法で得られ、A と n は Van der Poel のノモグラフによるスティフネスから算出される。本モデルは上式を積分し、C = アスコン層厚となるのに必要な N を求め、それと実際の道路でのひびわれ頻度とを結びつける関係式を作成するものである。
- ⑤. 従来の経験式はその式を作るのに用いたデータが得られた地方でしか利用できないのに対し、本モデルは汎用性に富む。しかしながら本モデルもそのままでは設計に用いるのが困難であるため、各インプットデータ (アスコンの材料特性、その地域の気候条件など) とひびわれ頻度との間を結びつける重回帰式を作成した。

- ①. Joe P. Mahoney and Ronald L. Terrel; "Laboratory and Field Fatigue Characterization for Sulphur Extended Paving Mixtures" pp. 831~843.
- ②. イオウ添加アスファルト混合物の室内と現場における疲労特性・アメリカ (古財武久)
- ③. 本論文は、室内研究とフルスケールの試験施工との関連性をより明確にするため、屋外のシュミレート試験装置による車輪走行試験で、イオウ添加アスファルト混合物の疲労特性をもとめることが目的である。
- ④. シュミレート試験装置は、直径約30mの円形のもので、6ブロックの舗装上を約5tの複輪荷重が走行できるようになっている。6ブロックの内訳は、舗装厚2種類 (約6cmと約12cm) と、混合物3種類 (イオウ/アスファルト = 0/100, 40/60, 30/70) の組合せたものである。本試験は、この試験装置による車輪走行試験と、そこから切取った供試体の疲労試験から、検討を行なったものである。
- ⑤. 各々の試験結果から、イオウ添加アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物に比較し、曲げ歪が高いレベルで、疲労に対する寿命が長い傾向を示している。また、室内の疲労試験による破壊回数の方が、シュミレート試験装置による破壊回数より少ない傾向である。これは、疲労破壊の判断が異なることも起因していると考えられる。

- ①. Dallas N. Little, Jon A. Epps and R. J. Holmgreen; "Recycling Asphalt Concrete: Guidelines And Performance Potential", pp. 844~863.
- ②. リサイクリング・アスファルトコンクリート—その指針と供用性—・アメリカ (古財武久)
- ③. 本論文は、アスファルト舗装のリサイクリングに関する概要紹介と、それを利用した舗装の構造評価および再生添加剤によるリサイクリング混合物について述べている。
- ④. リサイクリングによる舗装（サーフェイスリサイクリング・路上表層路盤リサイクリング・中央プラントリサイクリング）の構造評価は、26箇所の施工区間（表層14箇所・基層12箇所）において、ダイナフレクトを用いて測定し、得られたデータをもとに、その等値厚係数（Thickness Equivalency Ratio）により検討を行っている。また、再生添加剤を用いたりサイクル混合物の各種の力学試験と実施工による追跡調査から、相対強度係数について検討している。
- ⑤. ダイナフレクトによる構造評価を行なった結果、リサイクリングによる舗装は、通常のアスファルト舗装に比べ、若干硬くなる傾向であり、舗装厚が薄い場合は、ひびわれが生じやすいようである。また、再生添加剤によるリサイクリング混合物も同様の傾向を示している。

- ①. G. J. Kennepohl, D. C. Beam, L. J. Miller and R. G. C. Haas; "A Summary of Sulphur - Asphalt Design Technology", pp. 864~877.
- ②. イオウ添加アスファルト混合物およびイオウアスファルト混合物による舗装・ベルギー (野村健一郎)
- ③. イオウ添加アスファルトの実用性の検討
- ④. 1) イオウ添加アスファルト混合物の特性, 2) イオウアスファルト混合物の製造, 舗設, 3) イオウアスファルト混合物を用いる場合の舗装厚, 4) イオウアスファルト舗装の供用性, 5) イオウアスファルトを用いた場合の経済性, について試験調査を実施し, イオウアスファルトの実用性に関して検討を行なう。
- ⑤. イオウアスファルトを用いた舗装は、低温でのたわみ性, 高温での安定性, 疲労特性, 及び経済性に優れ, 十分に実用性を有することが明らかとなった。但し, 舗装厚に関しては, 理論的に同一厚さの場合, 一般のアスファルト混合物による舗装と比較して, イオウアスファルト混合物による舗装の寿命が長いと予測されるが, 十分な確認が得られていないので, この先, 更にフィールド調査を続け, 検討を行なう必要がある。

- ①. S. K. Khanna, M. G. Arora and K. R. N. S. Setty; "Characterization and Design Analysis of Bituminous Pavements", pp. 878~885.
- ②. 歴青舗装の特性と設計解析・インド (野村敏明)
- ③. 実際の交通荷重下における応力状況にシュミレートさせた強度特性試験に基づいて歴青舗装の解析法を開発する。
- ④. (1)中空の円筒状供試体を作製し三軸圧縮試験（中空部での水圧 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, kg/cm², 載荷速度 1.25 mm/min）を行い引張り応力作用時のスティフネスを算出する。(2)3種のセミフルスケール舗装構造において平板載荷試験を行い表面変形抵抗性および圧力の伝達特性を調べる。(3)有限要素法に基づく非線形弾性プログラム UORFEP を開発しその妥当性を調べるため(2)の結果と対比させる。
- ⑤. (1)中空円筒三軸試験結果から, スティフネス E_t は軸応力 σ_z のみならず引張り応力 σ_r にも影響を受ける。

$$E_t = 1200 \exp \{-0.38\sigma_r\} \cdot \sigma_z^{-0.27}$$
(2)セミフルスケール舗装構造で実測したたわみ形状と線形弾性プログラム MASTER ELAST および UORFEP による計算値と比較したところ UORFEP の方が実測値に近く設計解析に有効であることを示した。

防水工事用アスファルト

防水工事用アスファルトは、主として鉄筋コンクリート構造物、鉄骨構造物等の防水工事に用いられるものでその品質は、JIS K 2207 石油アスファルトの中に規定されている。防水工事用アスファルトには、1種、2種、3種、4種の4種類あるが、施工場所の環境条件に応じて選択できるよう分類されている。つまり1種は、室内及び地下構造物など温度条件が緩やかな場所の防水に適しており、2種は防水層の流動の恐れのない勾配の小さい一般歩行用屋根の防水、3種は耐流動性を要する気温の比較的高い地域の屋根防水、4種は特に低温可とう性を要する寒冷地域における屋根防水に適している。

市販されている防水工事用アスファルトは、製造方法からみると殆んどがブローンアスファルト又は触媒ブローンアスファルト（3、4種の一部）に属する。同じJIS K 2207に規定するブローンアスファルト10～20、20～30なども従来から防水用途に利用されているが、防水工事用アスファルトの品質規格の特徴は次の通りである。

- (1) 軟化点に比して針入度が大きい。従って針入度指数が高く（3種で5以上、4種で6以上）、感温性が特に小さい。
- (2) 低温での可とう性及び高温での耐流動性を満足できるようフラースゼい化点、だれ長さを規定している。
- (3) 現場施工時の加熱溶融により品質の劣化を生じないように加熱安定性を規定している。

屋根防水の場合、最近の建物はフレキシブルな構造が多いため防水下地の動きが大きく、また屋根スラブに断熱層を設けることが多いので、昼間は太陽熱が防水層に蓄熱され、逆に夜間は急激に冷やされるため防水層の温度変化が激しいなど防水層に対する環境条件は過酷となっている。従って防水材には、下地の動きに追従できる十分な可とう性、温度変化に対して性能変化の小さいこと、耐久性などが要求される。これらの条件を満足する防水用アスファルトとしては、特に感温性の小さい、針入度指数の大きいアスファルトが適している。また最近では、防水工事用アスファルト（3種、4種）を含浸材とし、基材に合成繊維不織布を組合せた高級ルーフィングも普及してきている。

溶剤脱れきアスファルト

減圧蒸留装置の残油に溶剤を加え、分子量の大きいアスファルト分を沈殿・分離してパラフィン系炭化水素を主成分とする高粘度の潤滑油原料、または接触分解原料油を製造する精製法を溶剤脱れき法（Solvent Deasphalting Process）という。このプロセスで副生されるアスファルトを溶剤脱れきアスファルトという。溶剤にはパラフィン系炭化水素を優先的に溶解し、アスファルト分などの芳香族炭化水素に対して溶解力の小さいものを選ぶが、高品質の脱れき油を必要とする潤滑油原料の場合には主に液化プロパンが用いられる。また品質よりもコスト面が優先する接触分解原料油の場合には、低溶剤量で、かつ脱れき油の収率の高い液化ブタンが用いられる。この溶剤にプロパンを用いた場合の副生アスファルトをプロパン（脱れき）アスファルト、ブタンを用いたものをブタン（脱れき）アスファルトと呼ぶ。プロパンアスファルトの品質は、溶剤比や抽出温度で異なるが、一般に針入度10～20、軟化点60℃前後、針入度指数－1.5程度の硬いピッチタイプのものである。組成的には芳香族成分、樹脂分に富んでいる。脱れきアスファルトは、軽油などで希釈して粘度を下げ重油の調合などに用いられるほか、熱安定性に優れているためアスファルトのブレンド材として用いられることもある。またプロパンアスファルトは常温では硬いが、高温では比較的粘度が低く、混合性が良いため製鉄用コークスの加熱成型炭プロセスにおける原料炭ブリケットの粘結材としても利用されている。

また最近では、溶剤にn-ペンタン、n-ヘキサン、n-ヘプタンなどを用いて、減圧蒸留残油（アスファルト）からアスファルテンを分離する技術も開発されており、我が国の石油製品需要の白油化傾向に対処するための重質油処理技術の一つとして注目されている。そのため副生されるアスファルテンや脱れきアスファルトの利用技術の開発が望まれており、例えばタールカス、粉コークス等の炭素材と併用して人造粘結材を製造する技術の開発等も進められている。

〔井町 弘光 シエル興産(株)中央研究所〕

弾性理論のアスファルト舗装への利用

— シェルの研究成果より —

牛 尾 俊 介*

1. はじめに

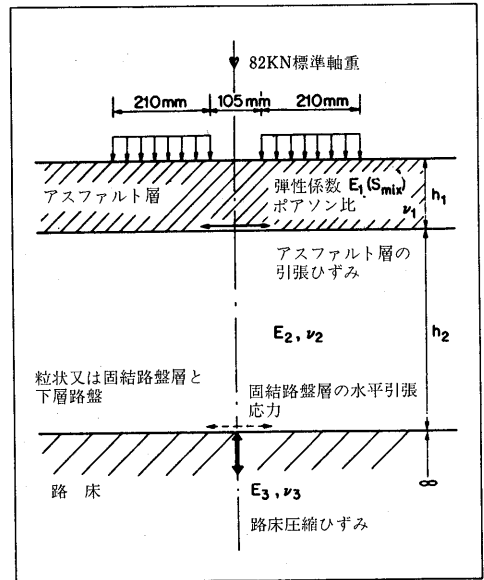
一般的には、アスファルト舗装は路床、路盤、アスファルト基層・表層からなり、路床は各種土質を有する地盤かあるいは表土を改良したもの、路盤は天然又は碎石による粒状材を締め固めたものかあるいは現地産山砂をセメント又はアスファルトで固結処理したもの、基層・表層は適度に粒度調整された骨材とアスファルトを混合した各種アスファルト混合物などの色々な性質の異なる材料で構成されており、実際には弾性体ではない。しかし、アスファルト舗装を別名たわみ性舗装と呼んでいるように、路面を短時間に通過する交通荷重を各層に伝播して舗装構造にたわみを生ぜしめ、その反力で荷重を支持する仕組みのものである。従って通過交通の如き動荷重に対しては、アスファルト舗装構造は弾性体に酷似した挙動をするものと考えられている。

多層構造弾性体理論は Boussinesq の半無限体弾性理論を基礎に Burmister⁽¹⁾、Fox⁽²⁾らによって層構造理論への発展がなされ、Jones⁽³⁾によって3層構造の実用計算が行なわれた。その後コンピューターの発達によって多層構造弾性解の計算が容易となり、各種計算プログラムが開発された。その代表的なものはShellのBISAR⁽⁴⁾とChevronのCHEV5Lである。大型コンピュータープログラムは計算を行なう為の手段であり、むしろ大事なことは計算条件の設定と計算結果の使い方をどうするかということである。

ここではBISARをアスファルト舗装の設計に使用するに際して、Shellが提案する方法について紹介することとする⁽⁵⁾。

2. BISAR プログラム

シェルグループが開発した多層構造弾性体プログラムで、既知の等分布円荷重と各層の厚みと弾性係数およびポアソン比のデータをインプットすることにより、任意点の応力、ひずみ、変位を求めることができる⁽⁴⁾。荷重は9個まで、層の数は8層まで計算が可能で、層の境界



図一1 舗装構造と設計基準

面が滑らかな場合と粗い場合について、いずれも計算が可能である。BISARは舗装の層構造解析に世界的に広く用いられており、わが国でも建設省土木研究所、運輸省港湾技術研究所、日本道路公団試験所、東京都土木技術研究所、北海道大学、大阪市立大学等の各研究機関で利用に供されている。

3. 設計条件

3.1 計算基準

アスファルト舗装の構造を図一1に示す如く3層構造と考える。最下層は垂直方向に半無限体の路床で、中間層は粒状路盤かあるいはセメント処理、石灰処理又はスラグセメント等の固結処理材料、最上層はアスファルト混合物の層である。この舗装構造において生ずる応力とひずみは次の基準で設計値として採用される。

一路床土表面における圧縮ひずみは、路床の永久変形を支配する。

一アスファルト層（通常の場合は下面）における水平引張ひずみは、アスファルト層のクラックを支配する。

*うしお・しゅんすけ シェル石油(株)アスファルト部

付随的基準として固結中間層の永久変形が舗装表面の変形に影響を及ぼさない範囲の量である為の許容応力又はひずみを考えることも重要である。

3.2 路床の弾性係数

路床の弾性係数, E_3 , は動的載荷試験により求めることも可能であるが, 簡便な方法として CBR 試験との経験式が用いられている。(図-2)

$$E_3 = 10 \text{ CBR } \text{ MN/m}^2 \quad (1)$$

3.3 粒状路盤の弾性係数

Dormon と Metcalf⁽⁶⁾ による動的載荷試験により, 路床の弾性係数 E_3 と粒状路盤の弾性係数 E_2 との間に次の経験式が求められる。

$$E_2 = K_2 E_3 \quad (2)$$

ここで $K_2 = 0.206 h_2^{0.45}$

$2 < K_2 < 4$, h_2 は粒状路盤層の厚み

3.4 路床の許容ひずみ

AASHO 道路試験の試験区間で PSI (Present Serviceability Index) = 2.5 になる場合の路床の許容ひずみを BISAR を用いて解析し, Edwards と Valkeling⁽⁷⁾ は次の式を提案した。

$$\epsilon_3 = 2.8 \times 10^2 \times N^{-0.25} \quad (3)$$

ここで ϵ_3 : 路床の許容圧縮ひずみ

N : ひずみのくり返し回数

3.5 アスファルト層の許容ひずみ

アスファルト混合物の疲労試験 (2, 3, 4 点曲げ, 三軸, スラブ走行⁽⁸⁾ 各試験) により, アスファルト混合物のくり返し疲労は混合物の種類によって異なることが判明し, 概当するくり返し回数の時の各種混合物の許容ひずみとスティフネスの関係を図-3 の如く求めた。

アスファルト混合物のスティフネスは混合物の種類によって, 又温度と載荷時間によって異なるが空隙率が 3 % 以下の混合物に対しては図-4 に示すノモグラフを用いて求めることができる。この時アスファルトのスティフネスは Van der Poel のノモグラフから容易に求めることができる。

3.6 交通量

設計寿命の期間に通過する交通量は 80kN の単軸換算軸重に換算する。つまり 105mm の接地半径で 600kN/m² の接地圧の 20kN 複輪の荷重となる。AASHO 道路試験の

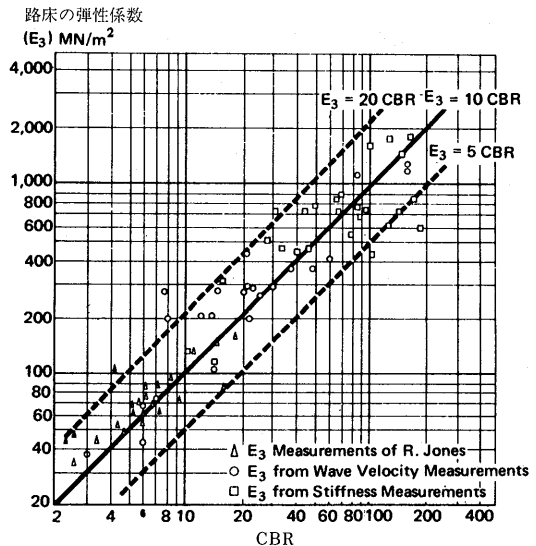


図-2 路床の CBR と弾性係数

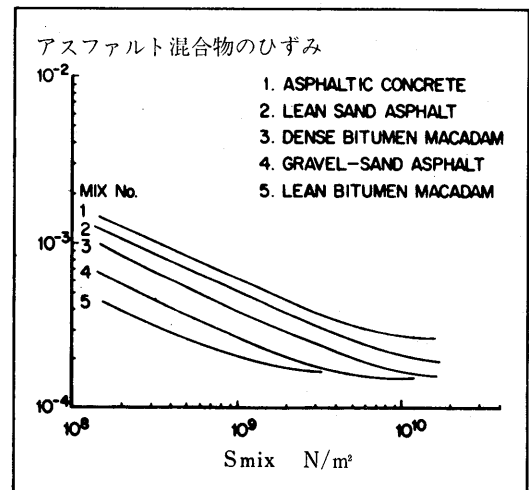


図-3 アスファルト混合物のひずみとスティフネス S_{mix} の関係

結果, 次式の換算式が得られ, 実際と良く合っているとされている。

$$n = 2.4 \times 10^{-8} L^4 \quad (4)$$

ここで n : 等価換算係数

L : 他の軸重, kN

車輪による載荷時間は走行速度, 車輪の横方向軌跡分布, 舗装の構造と厚み, 温度等によって厳密には複雑な要素であるが, 实际的に 50~60km/hr の大型車の載荷時間を 0.02 秒と見て計算してさしつかえない⁽⁹⁾。

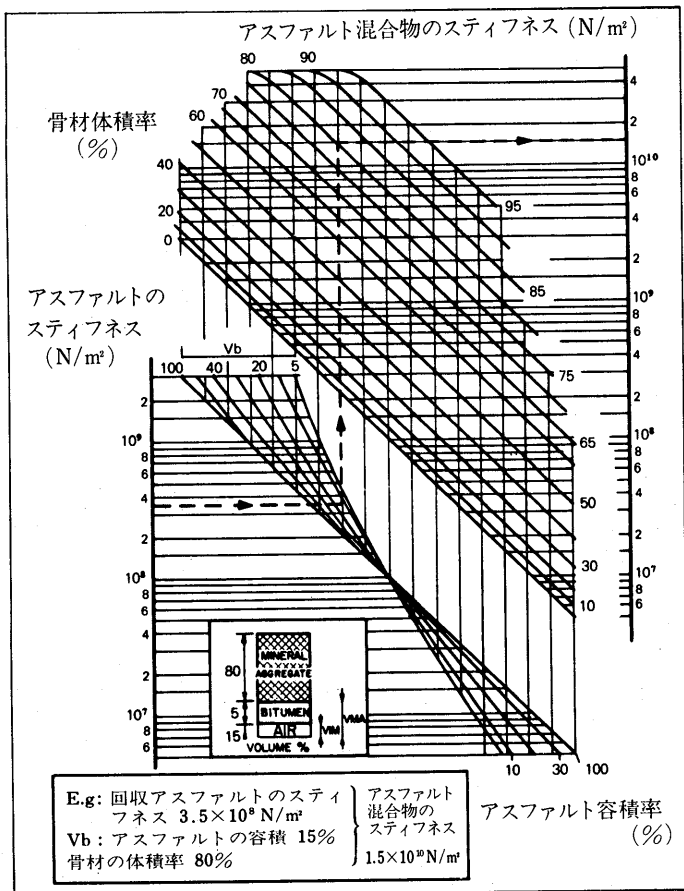


図-4 アスファルト混合物のスティフネス S_{mix} を求めるノモグラフ

3.7 温度換算

アスファルト舗装は年間を通じて種々の温度を履歴し、Edwards と Valkeling⁽⁷⁾ は各地の気温の変化と舗装体の温度の解析を行って“Mean Annual Air Temperature” (MAAT) の考え方を導入して表-1 に示す如く、世界各地の舗装の対称温度を提案している。

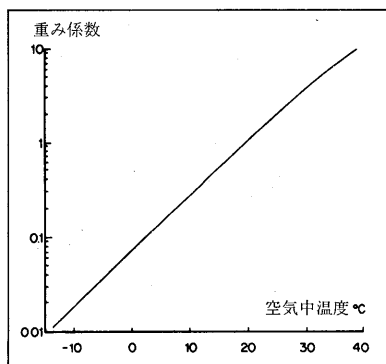


図-5 温度係数曲線

4. 設計曲線

以上、3.に述べた設計条件のもとに BIS AR プログラムを用いて各種構造、各種材料につき、路床の表面の圧縮ひずみ、アスファルト層下面の水平引張りひずみを計算し、(3)式による路床の許容ひずみと図-3 に示すアスファルト層の許容ひずみをみて満たす中間層の厚みとアスファルト層の厚みを求めて設計曲線を描く。以下に計算例を示す。

路床土：シルト質粘土，CBR ≒ 5 %

設計寿命：15年

日交通量：表-2

交通量の伸び：2 %

$$\begin{aligned} \text{設計交通量} : N &= 1561.8 \times 365 \times \sum_{i=1}^{15} (1+0.02)^i \\ &= 5.8 \times 10^5 \times 17.64 \\ &= 1 \times 10^7 \end{aligned}$$

アスファルト混合物：表-3

以上の設計条件から路床土の許容圧縮ひずみを求め、さらにアスファルトおよびアスファルト混合物のスティフネスを求めてアスファルト層の弾性係数として許容ひずみを満たすアスファルト層厚と中間層の厚みの関係を図-6 の如く求めて設計曲線とする。

5. あとがき

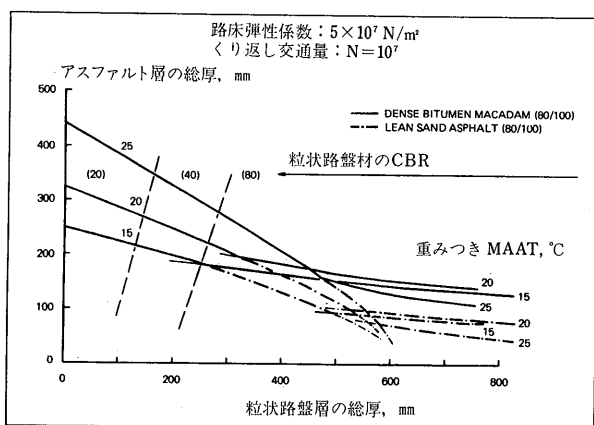
以上、Shell による多層構造弾性理論を用いたアスファルト舗装の構造設計の方法を紹介した。しかし弾性理論によるコンピュータープログラムは計算の手段であり、交通量の定義、構成層各材料の弾性係数の決定方法、温

表-1 各国の温度一覧表

	月平均気温, °C (MAAT)												年平均気温, °C (MAAT)	
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	平均温度	重みつき温度
Anchorage	-11	-8	5	-2	7	12	14	13	9	2	-6	-11	7.7	5.4
Bahrain	17	18	21	25	29	32	33	32	28	24	18	18	26.5	27.5
Bangkok	26	17	29	30	29	29	29	28	27	26	25	25	27.5	27.8
Beirut	13	14	15	18	22	24	27	27	26	24	19	16	21.8	22.0
Chicago	-4	-3	2	8	14	19	23	22	18	12	4	-1	15.0	14.5
Frankfurt	1	2	6	10	14	17	18	18	15	10	4	-2	12.8	12.2
Houston	12	13	17	21	24	27	28	28	26	22	16	16	22.5	22.7
Kuala Lumpur	27	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27.0	27.0
Lagos	27	28	28	28	27	26	25	26	27	27	27	27	26.6	27.0
London	4	4	7	9	12	16	18	17	15	11	7	4	12.3	12.0
Madrid	4	6	9	12	16	21	23	23	19	14	8	6	16.5	16.3
Melbourne	19	19	18	15	12	10	9	11	12	14	18	18	15.6	15.3
Nairobi	18	19	19	18	16	16	16	20	18	18	18	18	17.8	18.0
New Delhi	14	17	22	28	33	33	31	30	29	25	20	18	26.6	27.5
New York	-1	-1	3	10	16	17	23	23	21	15	9	2	15.9	15.7
Rome	8	8	11	14	18	22	24	24	22	18	12	6	18.1	18.0
Tokyo	3	4	7	12	17	21	24	26	22	17	11	6	18.1	17.7

表一 2 日交通量（標準軸重）の計算

(1) Axle Load L, kN	(2) Number	(3) $L^4 \times 10^{-8}$	(4) n	(5)=(2)×(4) Equivalent Number of 80kN Axles
9	710	0.00007	0.0002	0.2
27	1216	0.005	0.012	14.6
44	864	0.04	0.10	86.4
62	538	0.15	0.36	193.6
80	410	0.41	1.00	410.0
100	184	1.00	2.40	441.6
120	70	2.07	5.00	350.0
130	6	2.86	6.86	41.2
150	2	5.06	12.14	24.2
4000 Axles per Lane per Day (W_{tot})				1561.8 Standard Axles per Lane per Day



図一 6 MAAT, 15, 20, 25°Cにおける設計曲線の例

度変化がアスファルト混合物に及ぼす影響等の要素の更なる研究が望まれている。

最近では、アスファルト舗装のわだち掘れを計算によって求める手法の中に弾性層構造解析を組み込む研究も進んでいる。時機を得て紹介したい。

参考文献

- (1) Burmister, D. M.: "The theory of stresses and displacements in layered system and applications to the design of airport runways". Proc., 23rd-Annual Meeting of H. R. B., Vol. 23 (1943).
- (2) Fox, L.: "Computation of traffic stresses in a simple road structure", Road Research Tech. Paper No. 9 (1948)
- (3) Jones, A.: "Tables of stresses in three-layer

表一 3 設計例に用いた混合物

混合物の種類	Lean Sand Asphalt	Dense Bitumen Macadam
粗骨材, %w	—	65.0
砂, %w	83.0	29.5
フィラー, %w	17.0	5.5
アスファルト, 含有量, % 針入度級	5.0 80/100	5.0 80/100
ASTMふるい		
1"	—	100.0
3/4"	—	89.0
1/2"	—	71.2
3/8"	—	58.8
1/4"	—	50.7
no. 4	100.0	48.3
6	90.7	33.9
10	90.7	23.1
20	72.6	18.7
30	60.8	16.1
40	47.8	12.2
50	34.3	9.1
80	30.1	8.2
100	16.5	5.7
200		
回収混合物 (抽出後)		
粗骨材, %w	—	66.1
砂, %w	83.5	28.2
フィラー, %w	16.5	5.7
アスファルト, pha	5.1	4.7
Vg %v	81.1	85.6
Vb %v	10.5	11.0
VIM %v	8.4	3.4
VMA %v	18.9	14.4
VFB %	55.6	76.4
回収アスファルト		
軟化点, °C	52	52
針入度, 25°C	61	59
針入度指数	-0.2	-0.3

elastic systems", H. R. B., Bull. 342 (1962)

- (4) De Jong, D. L., M. G. Peutz and A. R. Korsmagen: Shell External Report AMSR. 0006, 73 (1973)
- (5) Claessen, A. I. M., J. M. Edwards, P. Sommer and P. Uge: "Asphalt Pavement Design", Proc. of the fourth International Conference on the Structural Design of Asphalt pavements, University of Michigan, Ann Arbor, USA, Aug., (1977)
- (6) Dormon, G. M. and C. T. Metcalf: "Design Curves for Flexible Pavements based on Layered System Theory" H. R. R. 71, Washington (1965)
- (7) Edward, J. M. and C. P. Valkeling: "Structur-

- al Design of Asphalt Pavements for Road Vehicles—the Snfluence of High Temperatures”
Highways and Road Construction, Feb. (1974)
- (8) Van Dijk, W. : “Practical Fatigue Characteristics of Bituminous Mixes”, Proceedings, AAPT, Vol. 44 (1975)

- (9) Bleyenbergh, W. G. et al. : “Fully Monitored Morterway Trials Coraborate Linear-Elastic Design Theory”, Proc. of the fourth International Conference on the Structural Desegin of Asphalt Pavements, University of Michigan (1977)

昭和58年2月4日 名古屋市中電ホール



主催者挨拶

日本アスファルト協会
会長 玉河哲夫



日本アスファルト協会
名誉会長 谷藤正三



講演



道路整備の動向
建設省道路局企画課建設専門官
藤井治芳



重交通道路のわだち掘れ対策としての
舗装用高粘度アスファルトの開発
本協会アスファルト舗装技術委員長
多田宏行



舗装廃材の再生利用
における当面の技術問題
建設省道路局国道第二課
吉兼秀典



アスファルト乳剤工法の適用例
とこれからの展望
静岡県都市整備課
内田弘

開催地代表者挨拶



建設省中部地方建設局
道路部長 福井迪彦



愛知県土木部長
東 義雄



名古屋土木局長
村手邦彦

全国からの参加者内訳

建設省・公団	102	(20.5)
自治体(市役所)	102	(20.5)
道路建設業	131	(26.3)
学校関係	21	(4.3)
本協会々員	100	(20.0)
来賓・招待者	42	(8.4)
合計	498	(100%)

＜石油アスファルト需給統計資料＞ その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千t）

項目 年度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
50 年 度	182	4,086	(89.4)	0	4,268	4,015	(87.6)	13	4,029	236	4,265
51年度上期	236	2,104	(97.2)	0	2,340	2,045	(99.2)	18	2,060	266	2,326
51年度下期	266	2,050	(106.7)	0	2,316	2,058	(105.2)	4	2,062	256	2,318
51 年 度	236	4,154	(101.7)	0	4,390	4,103	(102.1)	22	4,122	256	4,378
52年度上期	256	2,284	(108.6)	0	2,540	2,320	(113.6)	0	2,320	227	2,547
52年度下期	227	2,506	(122.1)	0	2,733	2,445	(118.8)	0	2,445	287	2,732
52 年 度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53年度上期	287	2,661	(116.5)	0	2,948	2,636	(113.6)	0	2,636	312	2,948
53年度下期	312	2,568	(102.6)	0	2,880	2,582	(105.6)	0	2,582	297	2,879
53 年 度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54年度上期	297	2,624	(98.6)	0	2,921	2,576	(97.7)	0	2,576	348	2,924
54年度下期	348	2,440	(95.0)	1	2,789	2,562	(99.2)	2	2,564	236	2,800
54 年 度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55年度上期	236	2,374	(90.5)	0	2,610	2,323	(90.2)	12	2,335	278	2,613
55年度下期	278	2,346	(96.1)	1	2,625	2,380	(92.9)	9	2,389	240	2,629
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
7～9月	288	1,186	(100.0)	0	1,474	1,205	(104.5)	5	1,210	266	1,476
56年度上期	240	2,244	(94.5)	0	2,484	2,215	(95.4)	5	2,220	266	2,486
10月	266	404	(93.1)	0	670	420	(95.5)	0	420	251	671
11月	251	429	(90.7)	0	680	406	(89.8)	3	409	263	672
12月	263	417	(111.2)	0	680	432	(109.4)	2	434	240	662
10～12月	266	1,250	(97.5)	0	1,516	1,258	(97.7)	5	1,263	240	1,491
57 1月	240	294	(123.5)	0	534	228	(94.2)	3	231	295	526
2月	295	308	(96.3)	0	603	315	(105.4)	2	317	279	596
3月	279	502	(99.2)	0	781	546	(98.9)	4	550	226	776
1～3月	240	1,104	(103.8)	0	1,344	1,089	(99.6)	9	1,098	226	1,324
56年度下期	266	2,354	(100.3)	0	2,620	2,347	(98.6)	14	2,361	226	2,587
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57. 4月	228	404	(89.8)	0	632	313	(86.9)	4	317	316	633
5月	316	316	(101.3)	0	632	300	(96.2)	1	301	331	632
6月	331	316	(106.8)	0	647	358	(105.9)	0	358	289	647
4～6月	228	1,036	(97.9)	0	1,264	971	(96.1)	5	976	289	1,265
7月	289	381	(89.9)	0	670	394	(92.5)	0	394	277	671
8月	277	356	(98.6)	0	633	380	(104.4)	0	380	253	633
9月	253	376	(93.8)	0	629	385	(101.3)	3	388	240	628
7～9月	289	1,113	(93.8)	0	1,402	1,159	(96.2)	3	1,162	240	1,402
57年度上期	228	2,149	(95.8)	0	2,377	2,130	(96.2)	8	2,138	240	2,378
10月	240	462	(114.4)	0	702	458	(109.0)	1	459	235	694
11月	235	413	(96.3)	0	648	430	(105.9)	1	431	215	646

〔注〕 (1)通産省エネルギー統計月報 57年11月確報
(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位:千t)

項目 年月	内 需 量					構 成 比					対 前 年 度 比				
	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計
	一般用	工業用	計			一般用	工業用	計			一般用	工業用	計		
50 年 度	3,574	190	3,764	251	4,015	89.0	4.7	93.7	6.3	100.0	84.8	143.9	86.6	104.1	87.5
51年度上期	1,828	93	1,921	124	2,045	89.4	4.6	93.9	6.1	100.0	97.6	120.8	98.5	110.7	99.2
51年度下期	1,802	116	1,918	140	2,058	87.6	5.6	93.2	6.8	100.0	105.6	103.6	105.5	100.7	105.2
51 年 度	3,630	209	3,839	264	4,103	88.5	5.1	93.6	6.4	100.0	101.6	110.0	102.0	105.2	102.2
52年度上期	2,076	113	2,189	131	2,320	89.5	4.9	94.4	5.6	100.0	113.6	121.5	114.0	105.6	113.4
52年度下期	2,166	122	2,288	157	2,445	88.6	5.0	93.6	6.4	100.0	120.2	105.2	119.3	112.1	118.8
52 年 度	4,242	235	4,477	288	4,765	89.0	4.9	93.9	6.1	100.0	116.9	112.4	116.6	109.1	116.1
53年度上期	2,355	136	2,491	145	2,636	89.3	5.2	94.5	5.5	100.0	113.4	120.3	113.8	110.7	113.6
53年度下期	2,283	131	2,414	168	2,582	88.4	5.1	93.5	6.5	100.0	105.2	107.4	105.3	109.6	105.6
53 年 度	4,638	267	4,905	313	5,218	88.9	5.1	94.0	6.0	100.0	109.3	113.6	109.6	108.7	109.5
54年度上期	2,309	100	2,409	167	2,576	89.6	3.9	93.5	6.5	100.0	98.0	74.3	96.7	115.2	97.8
54年度下期	2,311	75	2,386	176	2,562	90.2	2.9	93.1	6.9	100.0	101.2	57.3	98.8	104.8	99.2
54 年 度	4,620	175	4,795	343	5,138	89.9	3.4	93.3	6.7	100.0	99.6	65.5	97.8	109.6	98.5
55年度上期	2,099	87	2,186	137	2,323	90.4	3.7	94.1	5.9	100.0	90.9	87.0	90.7	82.0	90.2
55年度下期	2,134	96	2,230	150	2,380	89.7	4.0	93.7	6.3	100.0	92.3	128.0	93.5	85.2	92.9
55 年 度	4,233	183	4,416	287	4,703	90.0	3.9	93.9	6.1	100.0	91.6	104.6	92.1	91.5	91.5
7～9月	1,078	55	1,133	72	1,205	89.5	4.5	94.0	6.0	100.0	102.8	122.2	103.6	122.0	104.5
56年度上期	1,977	103	2,080	135	2,215	89.3	4.7	93.9	6.1	100.0	94.2	118.4	95.2	98.5	95.4
10月	383	13	396	24	420	91.2	3.1	94.3	5.7	100.0	96.5	76.5	95.7	92.3	95.5
11月	371	12	383	23	406	91.4	2.9	94.3	5.7	100.0	89.6	92.3	89.7	92.0	89.8
12月	388	21	409	23	432	89.8	4.9	94.7	5.3	100.0	109.0	140.0	110.2	95.8	109.4
10～12月	1,142	46	1,188	70	1,258	90.8	3.6	94.4	5.6	100.0	97.7	102.2	98.0	93.3	97.7
57. 1月	185	19	204	24	228	81.1	8.4	89.5	10.5	100.0	93.0	111.8	94.4	92.3	94.2
2月	276	16	292	23	315	87.6	5.1	92.7	7.3	100.0	107.8	94.1	107.0	88.5	105.4
3月	507	17	524	22	546	92.9	3.1	96.0	4.0	100.0	99.0	100.0	99.1	95.7	98.9
1～3月	968	52	1,020	69	1,089	88.9	4.8	93.7	6.3	100.0	100.1	102.0	100.2	92.0	99.6
56年度下期	2,110	98	2,208	139	2,347	89.9	4.2	94.1	5.9	100.0	98.9	102.1	99.0	92.7	98.6
56 年 度	4,087	201	4,288	274	4,562	89.6	4.4	94.0	6.0	100.0	96.6	109.8	97.1	95.5	97.0
57. 4月	269	24	293	20	313	85.9	7.7	93.6	6.4	100.0	84.1	133.3	86.7	90.9	86.9
5月	256	25	281	19	300	85.4	8.3	93.7	6.3	100.0	91.8	192.3	96.2	95.0	96.2
6月	317	22	339	19	358	88.6	6.1	94.7	5.3	100.0	105.7	129.4	106.9	90.5	105.9
4～6月	842	71	913	58	971	86.7	7.3	94.0	6.0	100.0	93.7	147.9	96.4	92.1	96.1
7月	347	25	372	22	394	88.1	6.3	94.4	5.6	100.0	90.6	125.0	92.3	95.7	92.5
8月	338	22	360	20	380	88.9	5.8	94.7	5.3	100.0	103.7	169.2	106.2	80.0	104.4
9月	340	22	362	23	385	88.3	5.7	94.0	6.0	100.0	100.6	100.0	100.6	115.0	101.3
7～9月	1,025	69	1,094	65	1,159	88.4	6.0	94.4	5.6	100.0	95.1	125.5	96.6	90.3	96.2
57年度上期	1,867	140	2,007	123	2,130	87.7	6.5	94.2	5.8	100.0	94.4	135.9	96.5	91.1	96.2
10月	403	31	434	24	458	88.0	6.8	94.8	5.2	100.0	105.2	238.5	109.6	100.0	109.0
11月	376	31	407	23	430	87.4	7.2	94.6	5.4	100.0	101.3	258.3	106.3	100.0	105.9

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 57年11月確報

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

(3)一般用ストレート・アスファルト=内需量合計-(ブローンアスファルト+工業用ストレート・アスファルト)

(4)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 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) 東京都中央区八重洲2-4-1	03 (274) 5 2 1 1
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 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 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	(102) 東京都千代田区紀尾井町3-6	03 (265) 0 4 1 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町2-6-2	03 (270) 7 6 5 1
共 同 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03 (593) 6 1 1 8
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	(107) 東京都港区赤坂6-1-20	03 (588) 9 6 1 1
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門1-2-4	03 (595) 7 4 1 2
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 (244) 4 3 5 9
日 本 ア ス フ ァ ル ト 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区平河町2-7-6	03 (234) 5 0 2 1
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門2-10-1	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1-4-2	03 (284) 1 9 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 ェ 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1-12-1	03 (211) 1 4 1 1
東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03 (213) 2 2 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 宮城県仙台市港5-1-1	02236 (5) 8 1 4 1

〔ディーラー〕

● 北 海 道

アサヒレキセイ(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通西10-4	011 (281) 3 9 0 6	日 ア ス
中 西 瀝 青 (株) 札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5	日 石
(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
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西12	011 (231) 5 9 3 1	出 光
株式会社 ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6	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	011 (221) 5 8 6 1	丸 善
東 光 商 事 (株) 札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011 (261) 7 9 5 7	三 石
(株) トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2 3 6 1	共 石
葛 井 石 油 株 式 会 社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1	丸 善

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名 住 所 電 話

● 東 北

アサヒレキセイ(株)仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222 (66) 1101	日 アス
(株)木畑商会仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (22) 9203	共 石
株式会社 亀井商店	(980-91) 宮城県仙台市国分町3-1-18	0222 (64) 6077	日 石
宮城石油販売株式会社	(980) 宮城県仙台市東7番丁102	0222 (57) 1231	三 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) 4866	日 石
(株)南部商会仙台出張所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (23) 1011	日 石
有限会社 男鹿興業社	(010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852 (3) 3293	共 石
菱油販売(株)仙台支店	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-1	0222 (25) 1491	三 石
正興産業(株)仙台営業所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-5	0222 (63) 5951	三 石
竹中産業(株)新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252 (46) 2770	シ ョ ル
常盤商事(株)仙台支店	(980) 宮城県仙台市上杉1-8-19	0222 (24) 1151	三 石

● 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 (551) 8011	日 アス
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03 (553) 3001	シ ョ ル
富士興産アスファルト株式会社	(107) 東京都港区赤坂1-5-11	03 (585) 7601	日 アス
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2891	丸 善
富士石油販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-12	03 (274) 2061	共 石
富士油業(株)東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03 (478) 3501	日 アス
伊藤忠燃料株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿3-4-7	03 (347) 3961	共 石
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0161	シ ョ ル
株式会社 木畑商会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3191	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) 8231	出 光
極東資材株式会社	(105) 東京都港区新橋2-3-5	03 (504) 1528	三 石
丸紅石油株式会社	(102) 東京都千代田区九段北1-13-5	03 (230) 1131	モービル
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 6290	三 石
三井物産石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田駿河台4-3	03 (293) 7111	極 東 石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-1	03 (272) 3471	日 石
株式会社 南部商会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03 (213) 5871	日 石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-8-3	03 (551) 6101	シ ョ ル
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4	03 (915) 7151	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) 7691	出 光
菱東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区八重洲2-7-16	03 (281) 2030	三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座6-7-18	03 (571) 5921	三 石
菱油販売株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿1-20-2	03 (348) 6241	三 石
三徳商事(株)東京支店	(101) 東京都千代田区神田紺屋町11	03 (254) 9291	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) 7131	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) 3961	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) 4271	昭 石
住商石油株式会社	(160-91) 東京都新宿区西新宿2-6-1	03 (344) 6311	出 光
大洋商運株式会社	(103) 東京都中央区日本橋本町3-7	03 (245) 1632	三 石
竹中産業株式会社	(101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5	03 (251) 0185	シ ョ ル
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03 (274) 2751	三 石
株式会社 トーアス	(160) 東京都新宿区2-7-1	03 (342) 6391	共 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-13-4	03 (591) 3 4 0 1 日 アス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (496) 8 6 9 1 日 アス
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 日 アス
東和産業株式会社	(174) 東京都板橋区坂下3-29-11	03 (968) 3 1 0 1 共 石
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区揚場町9	03 (269) 7 5 4 1 丸 善
ユニ石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1	03 (503) 4 0 2 1 シェル
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
● 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 日 アス
丸 福 石 油	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2 8 6 0 シェル
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡町ト25	0762 (21) 6 1 2 1 三 石
三谷商事株式会社	(910) 福井市中央3-1-5	0776 (20) 3 1 1 1 モービル
名古屋富士興産販売(株)	(451) 名古屋市西区城西4-28-11	052 (521) 9 3 9 1 日 アス
中西瀝青(株)名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5 0 1 1 日 石
三徳商事(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2 7 8 1 昭 石
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	52 (231) 7 7 2 1 日 アス
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	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3 5 1 4 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 シェル
株式会社 田 中 石 油 店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1 7 2 1 昭 石
富安産業株式会社	(930-11) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2 2 9 8 共 石
● 近 畿		
赤馬瀝青工業株式会社	(531) 大阪市大淀区中津3-10-4-304	06 (374) 2 2 7 1 モービル
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区南堀江4-17-18	06 (538) 2 7 3 1 日 アス
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5 5 3 1 三 石
飯野産業(株)神戸営業所	(650) 神戸市中央区江戸町98	078 (391) 8 9 6 5 共 石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5 1 9 5 日 アス
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 日 アス
木曾通産(株)大阪支店	(550) 大阪市西区九条南4-11-12	06 (581) 7 2 1 6 日 アス
北坂石油株式会社	(590) 大阪府堺市戒島町5丁32	0722 (32) 6 5 8 5 シェル
株式会社 松 宮 物 産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	07492 (3) 1 6 0 8 シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8 0 7 3 丸 善
三菱商事(株)大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜通1-15-1	06 (343) 1 1 1 1 三 石
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町甲14	0792 (85) 2 5 5 1 共 石
中西瀝青(株)大阪営業所	(532) 大阪市淀川区西中島3-18-21	06 (303) 0 2 0 1 日 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市大淀区豊崎5-8-2	06 (372) 0 0 3 1 出 光
株式会社 菱 芳 砒 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1 3 4 4 共 石
菱油販売(株)大阪支店	(550) 大阪市西区新町1-4-26	06 (534) 0 1 4 1 三 石
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1 5 5 1 昭 石
(株)沢田商行大阪支店	(542) 大阪市南区鰻谷西之町50	06 (251) 1 9 2 2 丸 善
正興産業株式会社	(662) 兵庫県西宮市久保町2-1	0793 (34) 3 3 2 3 三 石
(株)シェル石油大阪発売所	(552) 大阪市港区南市岡1-11-11	06 (584) 0 6 8 1 シェル
梅本石油(株)大阪営業所	(550) 大阪市西区新町1-12-23	06 (351) 9 0 6 4 丸 善

社 名	住 所	電 話
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 共 石
アサヒレキセイ(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6262 日 アス
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稲荷町6539	08368 (3) 3210 シェル
共和産業株式会社	(700) 岡山県岡山市蕃山町3-10	0862 (33) 1500 共 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051	0864 (73) 0350 日 アス
● 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 (771) 7436 日 アス
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
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 共 石
入交産業株式会社	(780) 高知市大川筋1-1-1	0888 (22) 2141 三 石
伊藤忠燃料(株)福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (444) 8353 共 石
株式会社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 シェル
中西瀝青(株)福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
(株)南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5	092 (721) 4838 日 石
西岡商事株式会社	(764) 香川県仲多度郡多度町家中3-1	08773 (3) 1001 三 石
菱油販売(株)九州支店	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 日 アス
三陽アスファルト株式会社	(815) 福岡市南区上盤瀬町55	092 (541) 7615 日 アス
(株)シェル石油徳島発売所	(770) 徳島市中州町3-5-1	0886 (22) 0201 シェル

編集顧問

編集委員

多田宏行
萩原 浩
松野三朗

阿部忠行	牛尾俊介	関根幸生	藤井治芳
荒井孝雄	太田健二	戸田 透	真柴和昌
飯島 尚	河野 宏	中島守博	吉兼秀典
石動谷英二	小島逸平	南雲貞夫	
井町弘光	真山治信	林 誠之	

アスファルト 第135号

昭和58年4月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 26 No. 135 APRIL 1983

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION