

アスファルト

第30巻 第155号 昭和63年4月発行

155

特集・アスファルト舗装技術研究グループ10周年記念

10周年によせて	多田 宏行	1
特集にあたって	阿部 頼政	2
アスファルト舗装技術の変遷		
—諸外国の技術との比較検討—	アスファルト舗装技術研究グループ	5
1章 設 計		6
2章 材 料		23
3章 施 工		43
4章 品質管理と検査		60
5章 維持修繕		79
アメリカ合衆国の舗装に関する研究事情		
	安 崎 裕・飯田章夫・池田拓哉	94
アスファルト舗装に関する諸外国の組織・団体の現況		
	飯田章夫	100

総目次 第30巻 第151～154号（昭和62年度）	108
〈統計資料〉石油アスファルト需給統計資料	110

ASPHALT

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

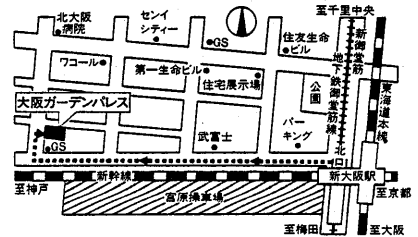
第57回アスファルトゼミナール

会 員 研 修 会

標記研修会を下記により開催することになりました。多数のご参加をお願い申し上げます。

I 講習会

1. 日 時 : 昭和63年6月16日(木) 13:20~16:35
2. 開催場所 : 大阪市「ホテル大阪ガーデンパレス」 2F 桜
〒532 大阪市淀川区西宮原1-3-35
☎06-396-6211
3. 講演題目 : 裏面参照



II 見学会

1. 日 時 : 昭和63年6月17日(金) 9:00~16:00
2. 見学場所 : 奈良県奈良市 なら・シルクロード博
3. 見学行程 : 裏面参照

III 参加費 : A:5,000円(講習会、見学会) B:12,500円(講習会、見学会、宿泊費・朝食含む)

C:3,000円(講習会のみ参加の場合)ただし、見学会のみの参加は否

IV 申し込み方法 :

下記申し込み書に記入のうえ参加費を添えて現金書留にて、設日本アスファルト協会会員研修会係宛までご送付下さい。折り返し領収書と受講券を送付致しますので、当日受付までご持参下さい。見学会参加の場合は申し込み書の見学会欄に参加と書いて下さい。

また、宿泊希望者は、申し込み書の宿泊欄に○印をつけて下さい。

送付先 〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 和孝第10ビル ☎03-502-3956

なお、申し込みは定員(120名)になりしだい締め切らせていただきます。

V 申し込み期限 : 昭和63年5月25日(月)

..... キリトリ線

会 員 研 修 会 参 加 申 込 書

参加代表者氏名

☎

勤務先住所(〒)

宿泊	会 社 名	所 属	氏 名	見 学 会

合 計

人申し込みます。

プログラム

I. 講習会

1. 日 時 : 昭和63年6月16日(木) 13:20~16:50
2. 開催場所 : 大阪市「ホテル大阪ガーデンパレス」2F 桜
〒532 大阪市淀川区西宮原1-3-35
☎06-396-6211

3. 講演題目 :

- ① 挨拶 13:20~13:25
観日本アスファルト協会 ゼミナール委員会委員長 伊 藤 勘 治
- ② 内外における石油情勢の現状と将来 13:25~14:25
観日本エネルギー経済研究所 総合研究部
第4研究室長 十 市 勉 氏
《休憩 10分》
- ③ 近畿圏における道路整備の現況と将来について 14:35~15:35
建設省 近畿地方建設局 道路部
道路計画第一課 課長 的 場 純 一 氏
《休憩 10分》
- ④ 舗装用ストレート・アスファルトの品質と性状について 15:45~16:45
観日本アスファルト協会 アスファルト舗装技術委員会
品質・試験法分科会長 牛 尾 俊 介 氏
- ④ 見学会の説明 16:45~16:50

II 見学会

1. 日 時 : 昭和63年6月17日(金) 9:00~16:00
2. 見学場所 : 奈良県奈良市 なら・シルクロード博
3. 見学行程 : 新大阪発 9:00 ~ 阪奈道路 ~ 信貴生駒スカイライン~朝護孫子寺
朝護孫子寺発 11:10 ~ 信貴生駒スカイライン ~ 阪奈道路
~奈良着12:00~なら・シルクロード博(見学)→現地自由解散

10周年によせて

財団法人 日本道路交通情報センター

副理事長 多田宏行

(アスファルト舗装技術委員会委員長)

アスファルト舗装技術研究グループが活動を開始してから、10年経ったという。これを記念する「アスファルト」の特集号に巻頭の辞を求められて、まず、この研究グループの誕生の背景が思い出される。

わが国の舗装技術は、欧米の技術を導入しつつも、これを日本の実情に適合するように改良を加えながら発展してきたが、今日では国際的にみても一応の水準にあると自負しても差支えなからう。ここに至った経緯は、たとえばアスファルト舗装要綱の数次にわたる改訂の推移にも見ることができるが、現行のそれは昭和53年に刊行されている。

研究グループが発足したのは、その前年の昭和52年であるが、この時期に官・学・民の若い技術者たちによる勉強会が生まれた動機と意義は何であったろう。

アスファルト協会では、アスファルト舗装に関する諸問題のうち、緊急に解決を要する課題については、必要に応じてアスファルト舗装技術委員会に分科会を設けて研究を行い、それぞれの成果を得てきた。

しかしながら、これらとは別に、特定のテーマと期限も設けずに、海外の技術資料を幅広く調査研究する場が欲しいと、若手技術者から要望があがった。わが国の舗装技術の今後の展開のためには、基本的な研究をじっくり行う必要があるとの認識にもとづくものであった。

ところで、これに似た場が全くなかったわけではなかった。当時、既に20年の歴史をもつ舗装研究会が、それである。研究会は官民の有志によって昭和32年に創設された。わが国のみならず全世界の舗装技術界に大きな影響を与えたAASHTO道路試験報告が公表されたのが1962年であるが、それに先立つ昭和30年代の初期では、日本の舗装技術も模索の時代であった。

それだけに、読むもの、聞くこと、そのほとんどが新知識であり、若かった会員はしばしば会合して情報の交換に努めた。「RRLのデーターによれば云々」などと披露するだけで、その発言に重みがあるように感ぜられるほど、まだ外国技術のコピー時代でもあったのである。

しかし、この研究会も、研究グループ発足の時点では、永い歳月がその内容と性格を変質させてしまい、舗装関係者の親睦の集まりとなっていた。これも、それなりに意義のある存在であるが、若い学究が勉強の場を別に探し求める気持ちも理解できた。

研究グループの具体的な仕事は、世界各国で開催される国際会議で発表される多数の論文のうちから有用なものを選び出し、これに検討を加える作業となったが、これらの一部は「アスファルト」に研究報告として掲載されている。

毎月必ず、勉強会を行って10年間、この間の地道な研究の成果を踏えて、この特集がまとめられた。

すなわち、アスファルト舗装の設計、材料、施工、品質管理と検査および維持修繕にわたり、欧米の舗装技術を背景に据えながら、わが国のそれの変遷を描き出している。これによって、日本のアスファルト舗装技術の国際的座標が明らかになった。

かつては海外の技術を専ら導入する立場にあったわれわれも、いまや世界の舗装技術界に応分の貢献ができるまでに成長したし、各国もまた技術交流を期待している。この期待に具体的に応える方法としては、国際会議へ積極的に論文を提出し、会議に出席することが最も効果的であろう。特に若い技術者にその機会が与えられることが望まれる。何事によらず、次代の担い手は常に若者であるから。

特集にあたって

阿部 頼 政

日本大学理工学部土木工学科教授

アスファルト舗装技術研究グループの勉強会は、昨年末をもって10周年を迎えた。昭和52年11月に発足以来、またたく間に過ぎ去ってしまった10年間であった。

発足当時を振り返ると、まず研究グループの生みの親ともいべき多田宏行氏（現道路交通情報センター副理事長）、藤井治芳氏（現建設省道路局企画課長）、櫛島 務氏（当時日本アスファルト協会事務局長）の若かりし頃の顔が思い浮ぶ。また、若手研究者として名を連ねたメンバーの意欲に燃えた表情もなつかしい。この10年間に入会したメンバーの氏名は表-1に示すとおり、合計67名となっている。決して多い人数ではないが、現役が40名ということは、会が順調に成長してきたことを示すものと言えよう。

勉強会は、月2回のペースで出発したが、活動が軌道に乗ったこともあり昭和54年9月からは月1回とした。この頃から、成果を研究報告としてアスファルト誌上に発表するようになり、現在までで27回を数えるに至った（表-2）。この間、不採用になった原稿は数えきれない。その意味で、表-2の著者名は、度重なる強硬な修正意見に耐

えぬいた人たちのリストでもある。

今回の10周年企画にあたっては、「舗装技術の変遷」を主題とし、以下5名を幹事とする若手グループが編集、査読を担当した。各章の班長は以下のとおりである。

- | | |
|------------|-------|
| 1章：設計 | 池田 拓哉 |
| 2章：材料 | 吉村 啓之 |
| 3章：施工 | 野村健一郎 |
| 4章：品質管理と検査 | 緒方 健治 |
| 5章：維持修繕 | 田中 輝栄 |

また、ベテラン組を代表して安崎 裕、飯田章夫の両氏に、「アメリカ合衆国の舗装に関する研究事情」、「アスファルト舗装に関する諸外国の組織・団体の現況」を執筆していただいた。

以上のように多くの優秀な人材を誇る研究グループではあるが、一つの組織が10年も続けば、そこには怠惰や慣れが忍びこむのも世の常である。10周年記念は、それに対する反省と、徹底的な改革の機会としてとらえるべきであろうと筆者は考えている。これまで応援をいただいた諸先輩方に心から感謝するとともに、若手を中心とした新しい研究グループの発足と発展を念じつつ……。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

表-1 アスファルト舗装技術研究グループ名簿

氏 名	勤 務 先	入会年月	氏 名	勤 務 先	入会年月
◎阿 部 頼 政	日本大学	52. 11	◎佐 藤 喜 久	鹿島道路(株)	57. 1
◎阿 部 忠 行	東京都	52. 11	東海林更次郎	日本舗道(株)	57. 1
◎荒 井 孝 雄	日本舗道(株)	52. 11	寺 本 哲	東京工業大学	57. 1
◎安 崎 裕	建設省	52. 11	◎亀 田 昭 一	新東京国際空港公団	57. 3
◎井 上 武 美	日本舗道(株)	52. 11	松 本 俊 雄	東京都	57. 3
内 田 淳 一	日本道路(株)	52. 11	◎飯 田 章 夫	日本道路公団	57. 5
大 島 剛 二	大林道路(株)	52. 11	◎八 谷 好 高	運輸省	57. 5
◎太 田 健 剛	日瀝化学工業(株)	52. 11	◎姫 野 賢 治	東京工業大学	57. 5
◎大 坪 義 治	日瀝化学工業(株)	52. 11	◎野 村 敏 明	日瀝化学工業(株)	57. 8
川 野 敏 行	東亜道路工業(株)	52. 11	◎羽 山 高 義	日本舗道(株)	57. 8
木 村 剛 也	日本道路公団	52. 11	◎池 田 拓 哉	建設省	57. 10
◎古 財 武 久	大成道路(株)	52. 11	◎丹 治 和 裕	(株)パスコ	57. 10
◎小 坂 寛 巳	首都高速道路公団	52. 11	◎野 村 健 一 郎	大成道路(株)	57. 10
小 島 逸 平	熊谷道路(株)	52. 11	◎田 中 輝 栄	東京都	57. 12
塩 尻 謙 太 郎	東亜道路工業(株)	52. 11	◎中 村 州 章	日本道路公団	57. 12
関 根 幸 生	コスモ開発(株)	52. 11	山 梨 安 弘	日瀝化学工業(株)	58. 2
◎田 井 文 夫	日本道路(株)	52. 11	◎吉 村 啓 之	前田道路(株)	58. 3
竹 下 洋	昭和シェル石油(株)	52. 11	佐 藤 剛	日本舗道(株)	58. 5
林 誠 之	日本石油(株)	52. 11	吉 川 文 夫	日瀝化学工業(株)	58. 11
◎福 手 勤	運輸省	52. 11	◎児 玉 充 生	昭和シェル石油(株)	59. 1
松 浦 精 一	日本道路(株)	52. 11	栢 野 宏	佐藤工業(株)	59. 5
山 内 幸 夫	日瀝化学工業(株)	52. 11	◎滝 瀬 穰	東京都	59. 5
丸 山 暉 彦	長岡科学技術大学	52. 11	◎小 澤 孝 吉	東京都	59. 11
阿 部 栄 三	昭和シェル石油(株)	54. 8	野 々 田 充	日本道路(株)	59. 12
◎榎 戸 靖 暢	日本道路公団	55. 2	◎井 上 正	日瀝化学工業(株)	60. 2
金 沢 円 太 郎	日本道路(株)	55. 2	◎蛭 原 巖	西武建設(株)	61. 4
鈴 木 秀 敏	日瀝化学工業(株)	55. 2	◎久 下 晴 巳	日本道路(株)	61. 4
◎竹 田 敏 憲	東京都	55. 2	◎緒 方 健 治	日本道路公団	61. 10
◎谷 口 豊 明	大林道路(株)	55. 2	◎雑 賀 義 夫	東亜道路工業(株)	61. 12
梶 木 博	日本道路公団	55. 2	◎小 林 孝 行	昭和シェル石油(株)	62. 2
澤 正	日本舗道(株)	55. 9	◎勝 又 雄 弥	昭和シェル石油(株)	62. 4
◎西 沢 典 夫	大成道路(株)	55. 9	◎形 岡 昭 彦	日瀝化学工業(株)	62. 5
◎大 久 保 高 秀	首都高速道路公団	56. 1	◎峰 岸 順 一	東京都	62. 6
秋 本 隆	日瀝化学工業(株)	57. 1			

◎：現会員

表-2 研究報告の経過

回	題 名	担当者	巻 号
第1回	「クラック」「わだち掘れ」に関する海外の研究、抄訳 アスファルト舗装の低温クラック アスファルト舗装の疲労クラック アスファルト舗装のわだち掘れ 供用性・その他	全 員 福田 員 井 勤 田 文夫 井 幸夫 内 忠行 阿 部	21, 117
第2回	舗装設計システムVESYS IIMについて	阿部 忠行	22, 118
第3回	弾性論を中心とした各種設計法	古財 武久 塩尻謙太郎	22, 119
第4回	アスファルト舗装の構造設計に関する最近の動向(抄訳)	全 員	22, 120
第5回	舗装管理システムに関する海外の動向(1) 舗装管理システムについて	阿部 忠行	23, 122
第6回	たわみ性舗装技術委員会報告と会議討論「舗装の維持」に関する報告について	古財 武久	23, 125
第7回	舗装管理システムに関する海外の動向(2) 舗装管理システムについて SAMP-5	竹田 敏憲	23, 126
第8回	米国におけるリサイクリングの経緯と動向	栃木 博	24, 128
第9回	オーバーレイの設計法、セメントコンクリート舗装上のオーバーレイ	井上 武美 栃木 博 福手 勤	24, 130
第10回	オーバーレイの設計法、アスファルトコンクリート舗装上のオーバーレイ、経験に基づいた設計法	井上 武美 栃木 博 福手 勤	24, 131
第11回	オーバーレイの設計法、アスファルトコンクリート舗装上のオーバーレイ、弾性理論に基づいた設計法	井上 武美 栃木 博 福手 勤	24, 132
第12回	舗装の支持力に関する海外の研究の動向 セッションI Bearing Capacityの概念 セッションII Bearing Capacityの主な指標 セッションIII 支持力に影響する因子 セッションIV 測定装置 セッションV 支持力評価と設計システム セッションVI 既設舗装の履歴・道路 セッションVII 既設舗装の履歴・空港舗装	栃木 博 栃木 博 大坪 義治 竹田 敏憲 野村 賢治 野村 敏明 野村 敏明	26, 134
第13回	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	全 員	26, 135
第14回	アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議(2) セッションI 舗装設計	西沢 典夫	26, 137
第15回	アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議(3) セッションII 検証	田井 文夫	26, 138
第16回	アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議(4) セッションIII 評価	八谷 好高	26, 139
第17回	アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議(5) セッションIV 舗装管理システム	大坪 義治	27, 140
第18回	アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議(6) セッションV 修繕	羽山 高義	27, 141
第19回	アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議(7) セッションVI 材料特性	野村健一郎	27, 142
第20回	第10回 I R F世界道路会議論文の概要	野村 敏明	28, 143
第21回	路面のメンテナンス技術 ~OECDレポートより~	野々田 充	28, 145
第22回	大型貨物自動車のインパクト ~OECDレポートより~	吉村 啓之	29, 147
第23回	産業廃棄物と工業副産物の道路への利用 ~OECDレポートより~	中村 州章	29, 148
第24回	アスファルト舗装の寿命予測コンピュータプログラムDAMA	阿部 忠行 田中 輝栄	29, 149
第25回	第2回・舗装の支持力に関する国際会議、発表論文の概要	全 員	29, 150
第26回	道路舗装計画に対する経済評価の方法	田中 輝栄	29, 151
第27回	英国におけるたわみ性舗装の新設計法について	緒方 健治	30, 153

アスファルト舗装技術の変遷

—諸外国の技術との比較検討—

アスファルト舗装技術研究グループ

日本のアスファルト舗装技術は、欧米で開発された技術の模倣と、日本の現況に合わせるための改良によって進展し、その過程で蓄えられた技術を基礎として独自の技術開発が行われてきた。したがって、日本のアスファルト舗装技術について振り返るとき、諸外国の舗装技術との関わりを無視することはできない。本報告は、主に諸外国の舗装技術との関わりを歴史的な目でまとめることにより、日本の現在の舗装技術のものと探るとともに、現在の諸外国の舗装技術の中で、我々に役立つものを見出すことを目的としている。

本報告においては、日本の舗装技術と諸外国の舗装技術との関わりをまとめたが、極力客観的な観点から執筆を行うことを心掛けた。したがって、現行の技術に関する問題点を指摘し、現在の研究の方向を示してはいるが、どのようにするべきであるという具体策を示すには至っていない。技術報告を書くに当たって、評論家であることは望ましいことではなく、この点については読者の叱責を免れないが、ここで指摘された問題点のほとんどは、舗装技術の根幹に関わるものであり、一朝一夕に解決が図られるものではない。したがって、少数の筆者らの知識のみで正しい解決策が示されるものではなく、多方面からの研究成果をまとめ上げることによって、初めて対応が可能となるものばかりである。これらの問題点の解決は、我々若手の舗装技術者の責務であると考えている。

なお、本報告においては、下記の略語をことわりなく使用している。

AASHO American Association of State Highway Officials
アメリカ合衆国州政府道路担当官協会、
AASHTOの前身

AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials
アメリカ合衆国州政府道路交通運輸担当官協会

AI Asphalt Institute
アメリカ合衆国アスファルト協会

ASTM American Society for Testing and Materials
アメリカ材料試験協会

BS British Standard
英国規格

DIN Deutsche Industrie Norm
西ドイツ規格

FHWA Federal Highway Administration
アメリカ合衆国連邦道路局

HRB Highway Research Board
道路研究委員会、TRBの前身

kip kilo-pound=1,000pound=450kg (f)
質量、重量、荷重の単位

PIARC Permanent International Association for Road Congress
常設国際道路会議協会

PSI Present Serviceability Index
サービシ指数

psi pound square inch=0.07kgf/cm²
圧力や応力の単位

TRB Transportation Research Board
交通運輸研究委員会

TRL Transportation and Road Research Laboratory
イギリス交通運輸道路研究所

☆

☆

☆

☆

☆

☆

1 章 設 計

1-1 概説

(1) アスファルト舗装設計法の変遷

各国および各機関で使用している設計マニュアルの変遷は、図-1.1のように表わすことができる。1962年にAASHO道路試験の成果が公表された後、米国各州はもとより多くの国でこれを契機に全国統一基準が制定されたり、あるいは既存のマニュアルが改訂されているように、AASHO道路試験の影響を受けているところが多い。

AASHO道路試験では膨大なデータが収集され、その結果としてPSIによる供用性の評価、舗装破壊の定義、各舗装構成材料の相対強度係数の設計への導入など斬新な手法が生み出された。周知のように、わが国のアスファルト舗装要綱でもAASHO道路試験の成果が取り入れられている。これらの成果は、現場での実測をもとにした設計法（以下経験法）を広く普及させるきっかけとなった。同様の傾向は、1972年にAASHO暫定指針が刊行された後にも見られる。

一方、理論的な解析にもとづく設計法（以下理論法）についての歴史も古く、Boussinesqの理論を基礎として各研究者たちが層構造の理論解析を提案し始めたが、特に1943年にBurmister¹⁾が表面変位を算出するための図表を発表して以来、多くの研究者によって2層系、3層系の理論解析法が次々と発表された。これらの研究は、1940年代に集中し、1950年代に一時的に下火になった後、1960年代になって再び活発化した。中でもJones²⁾、Peattie³⁾の研究は、1963年に発表されたShell設計法の基礎となっているものである。

わが国でも1960年代になって石原⁴⁾らの研究など相次いで理論解析法が発表されるようになった。そして、これらの手法は軟弱路床上の舗装設計など、通常の設計法が適用できない場合などに役立っている。

その後CHEVRON 5L、BISTRO、BISARなど弾性解析プログラムが開発されると、コンピュータの発達にともなって各国で、これらのプログラムを応用した設計法が発表され、Shell、AIなどでは設計法の中に反映されるようになった。

(2) 各国設計法の現状

代表的な各国設計法の一覧表を表-1.1に示す。

アスファルト舗装の設計法のうち経験法は、実物大の試験舗装や長期間にわたる一般道路での経験にもとづくものであり、現在運用されている設計法の主流をなしている。

理論法は舗装構造を弾性体と仮定し、多層弾性理論を用いて行うものがほとんどである。また、最近改訂が行われた西ドイツの設計法では、経験で裏付けされて得られた舗装構造を、多層弾性プログラムによって解析して妥当性をチェックしている。また、英国の設計法では経験的に得られた設計曲線を理論により修正し、最終的な設計曲線を得るなど、コンピュータの発達とも相まって理論を利用する傾向にあり、理論法と経験法の融合させた事例が見られるようになっている。しかし、理論法を取り入れているAIの設計法も、AASHO道路試験の成果などを基礎データとして用いており、理論と実際のギャップを埋めながら、設計法の精度を高めようとする努力が払われている。

いずれにしても舗装設計の本質は、地域的な環境条件を考慮した上で、外力である交通荷重を、現場の路床の支持力で支えることができるように舗装の断面を決定することにあり、設計法間の主な違いは設計条件の評価方法、使用材料の評価方法、供用限界に対する定義にあるといえる。

本章では、現在運用されている各国設計法の概要を紹介することを目的としており、まず設計に必要な諸条件について述べ、各国設計法の考え方のうち舗装の破壊規準と設計期間についての整理を試みた。そして、各設計法の設計条件を同条件に換算した上で比較設計し、舗装断面の比較を行った。最後に、舗装設計の最近の傾向と今後の動向について述べた。

本章で対象とした設計法は、マニュアルが入手できたAASHTO、AI、英国（実態はTRRL）、Shell、日本（アスファルト舗装要綱）とし、他の設計法については必要に応じ取り上げた。

1-2 設計に必要な諸条件

アスファルト舗装の構造設計に必要な条件として(1)路床の支持力、(2)材料特性、(3)交通条件、(4)環境条件の4つを選択し、各種設計法の中で(1)~(4)の条件がどのように評価され、取り入れられているかについて述べる。

(1) 路床の支持力評価方法

アスファルト舗装の構造設計においては、路床土の支持力を定量的かつ的確に決定することが要求されてきた。このことは、経験法および理論法に共通して言

えることである。経験法では、土質力学の研究成果をもとにして路床の支持力を評価しており、平板載荷試験、CBR試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験等様々な手法が用いられている。各国の設計法における、路床支持力の評価方法は表-1.2に示すとおりである。

舗装の設計法において、広く利用されている路床の支持力評価方法としてはCBR試験があげられる。これは試験の簡単さと、過去のデータの蓄積があることに依存しているといえる。しかし、CBR値の決定にあたっては、試料の含水比や凍上の影響の考え方など

国または機関名	年 次			
	1950	60	70	80
AASHTO		○→ 初版 (1961)	○→ 改訂 (1972)	○→ 改訂 (1981) ○→ 改訂 (1986)
A I	○→ 初版 (1954)	3~6版 ○→ 2版 (1956) ○→ 7版 (1963)	○→ 8版 (1969)	○→ 9版 (1981)
英 国		○→ 初版 (1960)	○→ 2版 (1965) ○→ 3版 (1970)	
西ドイツ			○→ 初版 (1966) ○→ 改訂 (1975)	○→ 改訂 (1986)
フランス		○→ 初版 (1965)	○→ 改訂 (1971) ○→ 改訂 (1977)	
Shell		○→ 初版 (1963)		○→ 改訂 (1977)
日 本	○→ 初版 (1950)	○→ 改訂 (1961)	○→ 改訂 (1967)	○→ 改訂 (1978)
AASHO道路 試験等の経過	○→WASHO道路試験 ○→AASHO道路試験施工開始 (1956) ○→同走行試験 (1958) ○→同成果発表 (1962)			
構造解析および システムの開発	CHEVRON, BISTRO, BISARプログラムの開発 1973~1978・VESYS I, II, IIM, IV 1968~1975・EPS-1~SAMP-6 1970・OPAC			

図-1.1 各国設計基準の変遷 (初版および改訂年次)

に差が見られる。

最近では、弾性論を用いた理論的設計法として、路床を弾性体と仮定し、その材料特性を弾性係数やポアソン比で評価する手法が見られ、A I, Shell の設計法がこれに該当している。弾性係数およびそれに関連した材料定数について表-1.3に示す。A I の設計法では、路床上のレジリエントモデュラス（弾性係数の一種、以下 M_r ）で、路床の弾性係数を評価している。また Shell の設計法では路床の弾性係数は、CBR に比例すると考えた換算式を用いている。ポアソン比については、計算結果にほとんど影響しないことから、土質に応じた一定の値としていることが多い。

各設計法の路床の支持力評価方法が、現在のものになるまでの経緯について、現設計法とそれ以前の設計法の相違点を示すと次のとおりである。AASHTO の設計法では路床土の支持力値 (Soil Support Value) から M_r に、A I の設計法ではCBR値、R値またはK値から M_r およびポアソン比に、英国の設計法では

CBR値の測定条件を自然含水比から平衡含水比（施工後十分に時間が経過した時点での含水比）に、Shell の設計法では、ポアソン比の値を0.5から0.35に変更している。アスファルト舗装要綱では、昭和36年のアスファルト舗装要綱の刊行時に、CBR試験を路床の支持力試験方法として採用し、昭和42年の改訂時に設計CBRの考え方を変更しているが、基本的に路床支持力の評価値としてCBR値を用いていることに変更はない。各国の設計法においては、経験法と理論法を併用していく動きが見られ、また路床の評価の中に環境条件等による強度の変動を加味したとらえ方をしている。

（２）設計に用いる材料特性値の評価方法

舗装設計において各種材料を用いて厚さを決めるには、その特性を定量的に評価する必要がある。経験法における材料特性値として代表的なものは、AASHO道路試験で各種の材料を相対的な基準で定量化した相対強度係数の考え方がある。ここで得られた値は、

表-1.1 各国設計法の概要

国または機関名	最新の改訂年次	設計の手順	設計の目標値	設計法の根拠および原理
AASHTO	1986	①ノモグラフから必要構造指数を求める。 ②各層の必要最小厚や経済性を考慮して舗装構成を決定。	主要道路 $PSI=2.5$ または 3.0 交通量の少ない道路 2.0 地方道路 1.5	AASHO道路試験の結果にもとづく経験法。
A I	1981	①設計期間の等価軸荷重と路床のレジリエントモデュラスから舗装厚を決定。 ②ステージコントラクションによるか否かを経済分析し決定。	・アス層下面引張りひずみ（ひびわれ率=20~30%） ・路床上圧縮ひずみ（わだち掘れ量=13mm）	AASHO道路試験、カリフォルニア州の舗装調査結果など経験的なデータをベースに理論法を加味。
英 国	1970	①下層路盤以下は路床支持力、設計交通量、凍上から決定。 ②上層路盤と表層は交通量より決定。	オーバーレイを必要とする時までの累積交通量 ・わだち掘れ 20mm ・ひびわれの発生時点	TRRL重交通道路の試験結果にもとづく経験法。
西ドイツ	1986	交通量区分と路床土の種類および舗装各層の使用材料を選定し、舗装厚一覧表より舗装の構成を求める。	交通への供用が可能な舗装の最低限の状態。	AASHO道路試験と同国の経験にもとづく経験法。
Shell	1977	路床の弾性係数、交通量、月平均気温など設計条件を決定し、設計曲線からそれぞれに該当する厚さを読みとる。	・アスコン層下面の引張りひずみ ・路床土圧縮ひずみ ・目標値は累積交通荷重Nによる	AASHO道路試験、室内試験結果にもとづき多層弾性論を用いた理論的な方法。
日 本	1978	①設計期間に通過する5t輪荷重換算輪数と路床土の設計CBRより、舗装厚Hと T_A を求める。 ②各層の材料および舗装構成は、経済性を考慮。	10年後の $PSI=2.5$ (AASHO)	AASHO道路試験と我が国の道路試験の結果にもとづく経験法。

表-1.2 路床支持力評価値

設計法	路床支持力評価方法	試験法	備考
アスファルト 舗装要綱 (日本)	CBR	JIS A 1211	1. 乱した試料土を用いる 2. 試料土の含水比は、自然含水比とする 3. 3層に分け各層 4.5kgランマで67回突き固める 4. 4日水浸する 5. 設計CBR=各地点のCBRの平均-標準偏差
AASHTO (アメリカ)	Mr (レジリエント モデュラス)	AASHTO T 274 (粒状材, 粘 性土)	1. 材料によって締固め方法 (ニーディング, 静的, 振動式) を使い分ける 2. 繰返し三軸試験である 3. 試験方法は複雑である
AI MS-1 (アメリカ)	弾性係数 (Mr) ポアソン比	AI Soil Manual (MS-10)	1. Mrの実測値で評価することを推奨している (サンプル土の繰返し三軸試験より決定する) 2. CBR (ASTM D 1883, AASHTO T 193), R値 (ASTM D 2844, AASHTO T 190) と Mr との相関関係を示している (Mr実測困難な場合用いる, しかし換算の適用限界在り) $Mr \text{ (MPa)} = 10.342 CBR \text{ or } Mr \text{ (psi)} = 1500 CBR$ $Mr \text{ (MPa)} = 7.963 \text{ (R値)} + 3.826 \text{ or }$ $Mr \text{ (psi)} = 1155 + 555 \text{ (R値)}$ 3. 設計Mrは, 上記Mrに道路の重要度に応じて安全率を見 込むためPercentile Valueと交通量の関係を用いて決定す る 4. ポアソン比=0.45
Shell	弾性係数 ポアソン比		1. 路床の弾性係数 E_s は, 代表実交通量を用いて動的な わみ, 波動伝播を測定し設定する 2. 室内試験による場合は動的三軸試験等を用いる 3. 1.2 のデータが得られない場合は, $E_s = 10 \times CBR \text{ (MPa)}$ の経験式を利用する 4. E_s が季節により変動する場合の提案を示してある 5. ポアソン比=0.35
Road Note 29 (英 国)	CBR		1. 施工後十分に時間が経過した時点での含水比 (平衡含 水比におけるCBR) 2. 路床土のスティフネスは $E = 17.6 CBR^{0.64} \text{ (MPa)} = 179.5 CBR^{0.64} \text{ kgf/cm}^2$ の換算式を示している。 3. CBR値のデータがない場合は, 土の種類別に平衡含水化 の推定値を示している。

AASHTO道路試験独自のものであって、各国の機関がそのまま導入することは問題がある。そこで、各国の設計法においてはAASHTO道路試験の結果をもとに、マーシャル安定度、CBR値、一軸圧縮強度等の材料の強度特性値や、それぞれの国における試験舗装の結果を用いて独自の材料特性値を設定している。

理論法においては、材料の特性値は弾性係数、ポアソン比等の定数で示される。しかし、これらの値の設定には、環境条件や材料強度のばらつき等の条件を組み入れた検討を要するところに難しさがある。AI、Shellの理論法において、変形係数はアスファルト混合物の場合はスティフネスで表現され、粒状材料の場合

はMrや路床の弾性係数との関連で示されている。また、ポアソン比は、0.25~0.50の材料に固有な値として与えられている。各国の設計法における材料特性値の評価方法は、表-1.4に示すとおりである。

各設計法の材料の評価方法が、現在のものになるまでの経緯は次のとおりである。AASHTOの設計法では、相対強度係数からMrに、AIの設計法では等値換算係数からスティフネス、Mrの利用へと変遷してきた。英国の設計法では相対強度係数にもとづく評価方法、Shellでは弾性係数とポアソン比のままで特に変化はない。

アスファルト舗装要綱では、昭和42年のアスファル

表-1.3 弾性係数, 変形係数, スティフネスおよびレジリエントモデュラスの比較

項目	項目の細分	慣用記号	適用材料	標準的試験方法	備考 (定義等)
弾性係数	(狭義の) 弾性係数	E	混合物 粒状材	一軸圧縮試験, 一軸引張試験など	線形弾性体の場合の応力とひずみの比。実用上は, 例えば路床や路盤などの粒状材の場合は CBR 値より換算され, 混合物の場合はスティフネスで代用される。
	動弾性係数	IE^*	混合物	正弦荷重による繰返し一軸載荷試験	繰返し一軸載荷試験中の応力が $\sigma = \sigma_0 \sin \omega t$, ひずみが $\epsilon = \epsilon_0 \sin (\omega t - \phi)$ のとき, $IE^* = \sigma_0 / \epsilon_0$ で定義される。
	複素弾性係数	E^*	混合物	正弦荷重による繰返し一軸載荷試験	i を虚数単位とし, 動弾性係数の場合と同じ記号を用いるとき, $E^* = IE^* \exp(i\phi)$ で定義される。
変形係数	(狭義の) 変形係数	E_{50}	粒状材	一軸圧縮試験	応力が一軸圧縮強さの50%のときの応力とひずみの比。
スティフネス	(アスファルトの) スティフネス	S_{blt}	バインダー	クリープ試験	時間と温度の関数として, $S_{blt} = (\sigma/\epsilon)_{cr}$ と表し得る。Van der Poel のノモグラフより求めることもできる。
	(混合物の) スティフネス	S_{mix}	混合物	クリープ試験 ホイールトラッキング	バインダーと同様に定義される。Heukelom と Klomp の式より求めることができ, しばしば, 多層弾性理論の入力データとされる。
	(混合物の動的な) 曲げスティフネス	E_s	混合物	曲げ疲労試験	単純はりの曲げ理論を用いて, 反力と中央のたわみの大きさから理論的に求められる。
レジリエント・モデュラス	(粒状材等の) レジリエント・モデュラス	M_r	粒状材 土	繰返し三軸試験	軸差応力 σ_d , 回復可能な軸ひずみ ϵ_a により, $M_r = \sigma_d / \epsilon_a$ と定義される。粒状材の場合, 定数 K_1, K_2 を用いて $M_r = K_1 \sigma_3^{K_2}$ により推定できる。
	(混合物の) レジリエント・モデュラス	M_r	混合物	繰返し圧裂試験	直径方向の荷重 P , 同変形量 Δ , 供試体の厚さ t , ポアソン比 ν を用いて, $M_r = P(\nu + 0.2734) / (t\Delta)$ により求められる。

ト舗装要綱の改訂で, AASHTO 道路試験の相対強度係数にもとづいて等値換算係数を導入した。その後昭和53年の舗装要綱改訂時に等値換算係数の見直しがされたが, 昭和42年以来, 材料特性値として等値換算係数を用いていることに変わりはない。

(3) 交通条件の評価

交通条件は, その特性として荷重の数(量)とその大きさ(質)が問題となる。量と質に関連して, 設計上考慮すべき因子は, 図-1.2のように整理できる。これらの各因子をいかに定義し, 定量化して設計に取り入れるかが, 設計における交通評価の問題である。

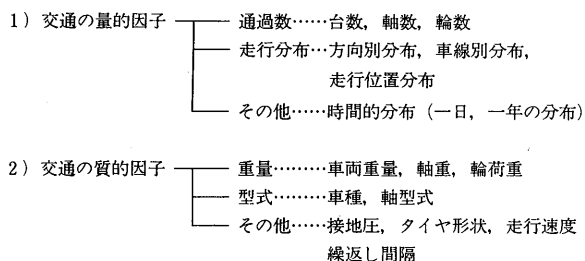


図-1.2 交通条件に関する因子

表-1.5は, 各国の設計法における交通条件の評価について整理したものである。

量的因子に関して, 設計に考慮されているのは通過数と走行分布である。通過数については, アスファルト舗装要綱では大型車台数を設計交通量の指標としているが, 基本的には他の設計法と同様に, 標準荷重の累積数で表現している。

走行分布のうち方向分布について, 上り, 下りの各方向の通過数は50%ずつの同比率で算出することが普通であるが, AASHTOの設計法ではこれに30~70%の範囲を与えている。車線別分布については, 一方方向の交通量に対し多車線の場合は低減させる傾向にあり, 特にAASHTO, AIでは, 車線数毎に低減の推奨値を比較的詳細に示している。

質的因子に関して, 設計に考慮されているのは重量と型式である。これらの評価については, AASHTO 道路試験で得られたもので, 舗装に対するダメージは輪荷重に対して指数的に増大するということを基本としており, 最終的な設計交通量の算定には, 異なる荷重を一定の標準荷重 (18kips=8.2ton 軸重あるいは5 ton 輪荷重) の相当数に関係づける換算係数を用いている。しかし, 設計法によって処理の手法に相違が見ら

表-1.4 材料特性値の評価方法の比較

設計法	材 料	材料特性値	試 験 法	備 考	
アスファルト 舗装要綱 (日本)	混合物 粒状材	等値換算係数	AASHTO道路 試験データと日 本の観測調査デ ータによる	試験施工により決定した 表層および基層の加熱アスファルト混合物を1とした場合の係数	
AASHTO (アメリカ)	混合物	M _r (レジリエント モデュラス)	ASTM D 4123	レジリエントモデュラスによって評価することを 基準とするが、決定方法はスティフネスの大小に よって異なる。アスファルト混合物、安定処理材 料は、繰返し間接引張り試験法 (ASTM D 4123) を 用いる	それぞれの強度特性値 (CBR, R 値, M _r 等) と相対強度係数を求める 換算チャートが示されて いる
	粒状材	M _r	AASHTO T 274	自然土・粒状材は、M _r 試験法 (AASHTO T 274) セメントコンクリートは、ASTM C 469を用いる	
A I M S - 1 (アメリカ)	混合物	Dynamic Modulus		IE* I=F(X)の推定式が示されている	ポアソン比=0.35 規定の品質に合格する材 料を選定し、舗装厚の設 計曲線を利用する場合 は、材料特性の評価 (実 測や推定) は不要であ る。
	粒状材	M _r		CBR, R 値との関係が示されている	
S hell	混合物	スティフネス		アスファルト混合物のスティフネスSは、Van de r Poelのノモグラフからもとめる。S = f (骨材 容積率, アスファルト容積率, アスファルトのス ティフネス) で表される。 S =10 ³ ~ 5 ×10 ⁴ MPa	ポアソン比=0.35 (セメント系路盤の場合 0.25)
	粒状材	弾性係数		粒状材の場合は、粒状路盤の弾性係数E ₂ =K ₂ E ₃ で 示される (K ₂ =0.2h ₂ ^{0.45} 2 < K ₂ < 4) K ₂ : 粒状路盤の厚さ E ₃ : 路床の弾性係数 セメント系路盤の弾性係数は、5×10 ³ ~ 1 ×10 ⁴ MPa	
Road Note 29 (英 国)	混合物 粒状材	材料名を表示		設計交通荷重に対応して使用材料を示している	

れる。

軸形式について、アスファルト舗装要綱、Shell では
その形式に関わらず、軸それぞれを単独に扱っている。
それに対し、AASHTO、A I、英国では、合計20
ton のタンデム軸は、それぞれ10ton のシングル軸より
舗装に与えるダメージが小さいことから、シングル軸
とタンデム軸を区分し別々の換算係数を与えている。
また、AASHTO、英国では、トライデム軸に対す
る換算係数も提示している。
換算係数の算出については、P S I の最終値2.5に達す
る累積軸数が基本となっているが、AASHTOでは
従来の2.5、2.0に加え、3.0における換算値を追加し
ており、舗装の管理レベルに対するニーズの多様化に

対応している。さらに、AASHTO、英国では、各
軸重の範囲を拡張し、車両の大型化、重量化に対応を
図っていることが注目される。

量的・質的因子のうち、図-1.2のその他として示し
た接地圧、タイヤ形状、速度等の各因子については、
A I、Shell の理論法では、舗装構造の弾性解析や構成
材料の特性評価における荷重条件として重要な入力因
子となっているものの、モデルケースの設定にとどま
っており、車両による載荷形態を完全に網羅した評価
には至っていない。

(4) 環境条件の評価

環境因子とその舗装への影響は図-1.3のように整理
できる。表-1.6は、各国の設計法における環境条件の

表-1.5 各設計マニュアルの交通条件の評価

マニユアル 項目 年度	A A S H T O	英 国	A I
	1 9 8 6	1 9 8 4	1 9 8 1
通過数	標準荷重18kip 換算累積軸数	標準荷重18kip 換算累積軸数	標準荷重18kip 換算累積軸数
走行別分布	方向分布別：30～70%（対両方向） 車線分布：片側1車線：100% 2車線：80～100% 3車線：60～80% 4車線：50～75%	方向分布別：50% 車線分布：具体的な割引率の表示はないが、追越し車線に対して累積軸数を低減した構造例を表示	方向別分布：50% 車線分布：片側1車線：100% 2車線：70～96% 3車線：50～96%
重量	従来の軸重の設定範囲(最大値)と軸型式を拡張 シングル軸：40→50kip タンデム軸：48→90kip トライデム軸：90kip（新設）	従来の軸重の設定範囲と軸型式を拡張	従来と同様 シングル軸：50kipまで タンデム軸：80kipまで
型式			
標準荷重への換算	異なる重量と軸型式の荷重を18kipの単軸荷重に換算(トラック係数使用) 換算係数算出の基礎であるPSIの限界値を従来の2.5, 2.0に加え3.0の場合も表示	異なる重量と軸型式の車両を18kipの単軸荷重に換算(トラック係数使用) 換算係数算出の基礎であるPSIの限界値は2.5	異なる重量と軸型式の車両を18kipの単軸荷重に換算(トラック係数使用) 換算係数算出の基礎であるPSIの限界値は2.5
その他	走行分布のうち時間分布と速度等については考慮せず	走行分布のうち時間分布と速度等については考慮せず	構造計算用の荷重条件(DAMAプログラム) 二個の円形荷重 9kip 接地圧 70psi 半径 4.5inch 輪間隔 13.5inch
マニユアル 項目 年度	S h e l l	日 本	
	1 9 7 7	1 9 7 8	
通過数	標準荷重18kip換算累積軸数	大型車台数 (標準荷重 5 ton換算累積輪数)	
走行別分布	方向別分布：50% 軌跡分布：許容値の計算で考慮(累積軸数を補正)	方向別分布：50% 車線分布：3車線以上は80%	
重量	軸型式に関わらず、タンデム軸についても独立したシングル軸として扱う	特に規定はない	
型式			
標準荷重への換算	異なる重量と軸型式の各軸重を18kipの単軸荷重に個々に換算 換算係数算出の基礎であるPSIの限界値は2.5	異なる重量と軸型式の各輪荷重を5tonの輪荷重に個々に換算 換算係数算出の基礎であるPSIの限界値は2.5	
その他	構造計算用の荷重条件(BISARプログラム) 二個の円形荷重 40kN 接地圧 600kN/m 半径 105mm 輪間隔 315mm	走行分布のうち時間分布と速度等については考慮せず	

表-1.6 各設計マニュアルの環境条件の評価

マニュアル 項目 年度	AASHTO	英 国	A I
	1986	1984	1981
温度	特に考慮せず	特に考慮せず	構造計算において、アスファルト混合物：月別温度と弾性係数，路床・路盤：凍上・融解を考慮した月別弾性係数を設定 年平均温度パラメータとした設計チャート作成 年平均温度，路床土質の区分により凍上対策(置換え，舗装厚確保)の要否判定
水分	路床土の膨張による影響をPSIの低下度として表示	水分に対しては平衡含水比における路床土のCBR評価で考慮	
温度と水分	凍上による影響をPSIの低下度として表示 水分による影響と合わせてPSIの低下度を考慮し，舗装厚(SN)を決定 *経験による路床土対策を行った場合は交通によるPSIの低下のみ	凍上に対しては，路床土質の区分により凍上対策(路盤厚45cm確保)	
マニュアル 項目 年度	Shell	日 本	
	1977	1978	
温度	温度については，構造計算ではアスファルト混合物の弾性係数の変化によるアスファルト混合物層下面のひずみへの影響を基礎とした重み付き年平均温度，わだち掘れ計算ではアスファルト粘度の変化にもとづいた年平均粘度として評価 年平均温度をパラメータとした設計チャート作成 凍上対策は不明	特に考慮せず	
水分		水分に対しては路床土の水浸CBR評価で考慮	
温度と水分		凍上に対しては，凍結指数により凍上対策(置換え，舗装厚確保)	

評価方法について整理したものである。

- 1) 温度
 - 低温……………積雪時の摩耗，低温ひびわれ
 - 高温……………流動
 - 温度変化……………温度応力ひびわれ
- 2) 水分
 - 高含水……………路床土の膨張，路床・路盤の支持力低下
- 3) 温度と水分
 - 低温・高含水……………凍結，凍上，融解

図-1.3 環境条件に関係する因子

温度については，A I，Shell の理論的設計法では，アスファルト混合物の弾性係数との関係で重要な因子となっており，月平均気温や年平均気温で表現している。水分については，アスファルト舗装要綱，英国では，路床土の強度測定において考慮しているのに対し，AASHTOでは，路床土の膨張による舗装への影響をPSIの低下量として表わし，設計の過程に導入し

ている。

環境因子は各国の設計の根拠，気象，地質との関連で，設計に対する重要度が異なるが，共通しての問題は凍結作用と言える。温度と水分に関しての凍結・凍上・融解について，アスファルト舗装要綱，英国では経験的に凍上対策の必要性を示しているのに対し，A Iでは凍結・凍上・融解期を含む年間の累積ダメージをもとに設計チャートを作成しており，合わせて年平均温度を基準に凍上対策の必要性を示している。AASHTOでは上述の水分によるPSIの低下と同様に，凍上によるPSIの低下についてもモデルを作成し，設計に当たっては，設計期間内のPSIの低下の要因の一つとして，凍上によるPSIの低下を考慮している。

このような環境条件を含む舗装の供用性モデルは，従来のAASHTOの地域係数の考えに代わるものと

考えられる。

1-3 設計の考え方

(1) 破壊規準

1) アスファルト舗装の破損の種類

アスファルト舗装の破損の分類は、原因別または発生形態別に行われるのが一般的である。アスファルト舗装の破損の原因には、材料因子や構造因子などの内的なものと、荷重因子や環境因子などの外的なものから成り立っている。このため、過去の舗装工学の主要な努力は、破損を生じにくい材料、構造の選定や、不確定要素の大きい荷重因子や環境因子の定量化のた

めに払われてきたと言っても過言ではないだろう。

一方、アスファルト舗装の破損の発生形態別の分類については、1924年に Hubbard⁹⁾が簡単な分類表を提案して以来、多くの試みがなされてきたが、現在ではほぼ定着した概念による分類表が作成されている。表-1.7に代表的な Vallerger⁹⁾によるものを示すが、その特徴は、破損のタイプを大きく「崩壊 (Disintegration)」、「安定性不足 (Instability)」および「破断 (Fracture)」に分け、それぞれ、「ラベリング」、「流動永久変形」および「ひびわれ」という破損の概念に対応付けされた個々の破損の現象へ細分化されている。この表は、維持、修繕を必要とするような実際の破損

表-1.7 舗装の破損の種類とその原因の分類表⁹⁾

破損の種類	破 損 の 原 因		発 生 形 態		破損の種類	破 損 の 原 因		発 生 形 態	
	主要因	副要因	現象または原因	一般的形態		主要因	副要因	現象または原因	一般的形態
崩壊	粘着性不足	軟らかいアスファルト 悪い骨材粒度 密度不足	テンダーネス 過剰な砂 締固め不足	すりへり くぼみ へこみ みぞ	破断 (ひびわれ)	収縮	吸収性骨材 劣化したアスファルト 温度変動	直角ひびわれ 不規則ひびわれ	縦方向ひびわれ 縦方向ひびわれ 斜めひびわれ
	耐摩耗性不足	アスファルト量不足 もろいアスファルト 軟らかい骨材 チェーンとスパイク	表面が乾燥した混合物 もろさ 骨材の破砕 摩耗わだち	くぼみ ラベリング 波状の凹凸 ポットホール			表面付着物の体積変化	収縮ひびわれ	
	アスファルトと骨材のはく離	親水性骨材 アスファルトの水との置換 骨材中の粘土	はく離			もろさ	アスファルトの劣化 アスファルトの熱劣化 もろい路盤	規則的なひびわれ ブロック状のひびわれ はしご型のひびわれ	
		アスファルトの溶解	燃料漏れ				低温への露出	低温ひびわれ	
		混合物のプラストによる破損	プラストによるすり減り			疲労	たわみ易い路盤舗装の剛性不足 車両の定位置走行 排水不良	亀甲状ひびわれ 金網状ひびわれ わだち部のひびわれ	荷重によるひびわれ 荷重によらないひびわれ
						すべり	層間の接着不良 オーバーレイの引張り強度不足 オーバーレイの厚さ不足 路肩不足	V字型のひびわれ 三日月型のひびわれ	
安定性不足	骨材間の摩擦力不足	アスファルト量の過剰 骨材が滑らか 粘土水の存在	ブリージング 滑らかな流動	流動 鉛直方向への押し込み 側方へのはみ出し 小さな波状の変形 わだち掘れ コルゲーション		リフレクション	収縮力 せん断力 曲げ応力、曲げひずみ	リフレクション クラック	
		玉砂利	骨材間のすべり			沈下と盛上り	盛土の沈下 膨張土	沈下ひびわれ 鉛直方向への押し込みによるひびわれ 盛上りによるひびわれ	
	剛性の不足	軟らかいバインダー 悪い骨材粒度 細骨材の不足	テンダーネス						
	密度の不足	締固め不足 低温での締め固め 不適当な締め固め	空隙過多						
	不均一な支持力	不等沈下 不等膨張 凍上 溝の発生	局所沈下へこみ 盛上がり 溝型の沈下	縦方向の小波 横方向の小波 表面の波状の凹凸					

のほとんど全てを含んでいると言えるであろう。

2) アスファルト舗装の破壊の考え方

物理的な現象としてのアスファルト舗装の破壊は、1) で述べたようにほぼ共通の認識のもとに分類されていると言えよう。しかしながら、ほとんどすべての破壊は、全く健全な状態から突然に破壊した状態に移行するわけではなく、徐々にその程度が進行していくのが一般的である。したがって、舗装はどの段階で供用しえなくなるかを判定するためのルールが必要である。また、実際の舗装では、種々の破壊が同時に進行する場合が多く、個々の破壊については健全であると評価されても、これらを合算した結果、その舗装はもはや供用するに耐えないと考えられる場合がありうる。さらに、破壊の種類によっては、舗装の力学的な意味での支持力にはほとんど影響を与えないにもかかわらず、道路利用者の快適性、安全性を損なうものや、逆に道路利用者の快適性、安全性には影響を与えないにもかかわらず舗装の支持力を損なうものがある。

以上のような理由から、舗装が供用しえなくなったか否か、すなわちその舗装が破壊したか否かの判断は、1) で述べた個々の破壊現象が発生したか否かという個別の評価ではなく、その舗装の持っている「供用性」が一定水準以下に低下したか否かによって行われることが多い。供用性とは、その舗装がある時期において交通に供しうる能力であり、時々刻々変化する「サービス水準」や「維持管理水準」などの指標によって決められる。

舗装のサービス水準は、主に快適性や安全性の観点から、平均的な道路利用者の主観により評価されるのに対して、維持管理水準は、主に維持修繕の必要性から見た路面性状の良し悪しの観点から、道路管理者の主観により評価される。これらの評価はいずれも評価者の主観にもとづいて行われており、評価値の信頼性、再現性を高めるためには評価者の数、評価回数なるべく増やす必要があるが、こうした評価をすべての道路について定期的に実施するのは実用的とは言えない。このため、この評価値を路面に発生しているわだち掘れ、ひびわれなどの個々の物理的な破壊現象の程度によって客観的に表現する各種の工夫が試みられている。

舗装の供用性を規定する評価値の代表的なものには、PSI (AASHO), RCI (Roads and Transportation Association of Canada), PSI (道路維持修繕要綱), MCI (建設省), PRI (運輸省) などがある。また、個別の破壊が卓越するような道路では、日

本道路公団や首都高速道路公団などのように、特に評価式を使用せず個々の破壊を個別に評価しているところもある。さらには、評価式に従来から重要視されてきた路面の性状値のほかに、周辺に発生する振動の問題を含めようとする試みなどもある。

3) 理論的設計法に見られる破壊規準

1) および2) は、すべて路面性状から舗装の供用性を評価し、舗装が破壊したか否かを判定するための基準について述べたものであるが、理論的な設計法では、設計期間中の供用性を一定レベル以上に保つために、舗装内部に発生するひずみや応力などの大きさに力学的な制限を設けるのが普通である。この制限は、設計の対象とした破壊形態によって異なるものであるが、諸外国では、AASHO道路試験の解析結果にもとづき、アスファルト混合物層底面における曲げ疲労破壊と、路床の永久変形による舗装表面でのわだち掘れを対象とした制限を設けることが多い。例えば、AI および Shell の設計法では、両破壊形態に対応して、アスファルト混合物層底面での水平引張りひずみと路床上面での鉛直圧縮ひずみを、一定の値以下に制限することとしている。このような理論的な設計法をわが国の舗装に適用するならば、舗装の破壊の実態を調査の上、他の破壊形態を考慮に入れた制限を検討すべきであろう。

(2) 設計期間

1) 設計期間と解析期間

各国の舗装設計に関して、設計期間および解析期間をまとめると表-1.8のとおりである。

解析期間と設計期間、設計期間と破壊、これらを個別に考えることが最近の傾向である。まず、設計期間を定義するためには、どのような状態をもって破壊とみなすかが問題となるが、各国の設計法においては破

表-1.8 各国の舗装設計期間

国または機関	設計期間 (年)	解析期間 (年)
AASHO	—	道路条件によって決定 (表-2.9)
AI	20	
英 国	20	40
Shell	—	—
日本	10	—

壊の状態を、一つの決め事として各者各様に定めている。設計期間は正しい設計によって舗装が新設された場合、通行する車両によって、舗装が定義された破壊の状態に至るまでの期間として定義される。

設計期間が経過し、舗装が破壊に至ったとしても、修繕を行うことによって再び交通に対して供用することが可能になる。舗装の設計においては、最初に破壊に至るまでの期間設定と修繕工法の組合せを無数に考えることができる。最も単純化されたモデルでは、これらの組合せ（舗装のライフサイクル）のうち、費用（ライフサイクルコスト）が最も小さくなるものが最適と考えている。この解析は、線型計画法のようなシミュレーション計算を行うことで可能になるが、舗装が新設されてからの、この計算の対象とする時間を解析期間といっている。

AASHTOおよび英国における舗装の設計法では、解析期間を検討要因とすることが、舗装設計の特徴であるといえる。また、AASHTOでは、交通量の大小によってライフサイクルコストを考慮する期間も変わるべきであるという考え方にもとづいて表-1.9を示している。AIと英国の設計法では、解析期間を変化させた解析の結果、最も妥当な設計期間として20年を与えている。Shellについては、設計者が適当な設計期間を採用し設計を行わなくてはならない。アスファルト舗装要綱では、10年間の累積大型交通量で設計する（すなわち設計期間を10年と限定して設計を行う）ことが設計の基本となっているが、この10年の設計期間に関しては、ライフサイクルコストについての検討は加えられていない。

以上のようにAASHTOや英国の舗装設計に関しては、舗装のライフサイクルコストを考えた設計手法であるといえる。言い換えると、設計にあらかじめ維持修繕を想定したものとなっている。

2) 破壊の規準値

破壊のとらえ方に関しても、種々の考え方がある。

表-1.9 AASHTOの解析対象期間

道 路 条 件	解析対象期間
交通量の多い都市内道路	30~50
交通量の多い地方道路	20~50
交通量の少ない舗装道路	15~25
交通量の少ない砂利道	10~20

英国では、オーバーレイが必要となった時点（わだち掘れ10mmまたはひびわれの発生時点）を破壊としてとらえている。AASHTOでは、舗装の評価はPSIを用いた供用性評価が主となっており、交通量（道路の重要度に相当する）によって、限界とするPSIとして1.5~3.0を採用している。AIについては、供用後最初のオーバーレイが必要となった時期を破壊としてとらえている。アスファルト舗装要綱の舗装設計については、基本的にはAASHTO道路試験におけるPSIの限界値を2.5としたときの評価結果を取り入れているが、どのような状態を破壊とするかについては明確な考え方はない。

各国の設計法の傾向から考えると、舗装設計に合理性を求めるのであれば、ライフサイクルコストの検討は、除くことのできない要素であるといえる。また、舗装の設計に関してはライフサイクルコストから導かれる経済性の考慮にもとづくことが、最も合理的であると考えられる。

1-4 比較設計例

これまでの検討結果にもとづいて、同一の条件における、AASHTO、AI、英国、Shellの各設計指針による舗装の断面を求めることにする。

(1) 交通量の評価

交通量は、建設省で行っている車両重量調査の結果にもとづいて、各設計指針の交通量の設計値を求めることにする。建設省が管理している国道における測定結果の一例を表-1.10に示す。この道路は片側1車線であり、アスファルト舗装要綱のC交通に相当する。

諸外国の設計指針類は、多種類の軸重を80kN（18 kips）の等価軸荷重（Equivalent Single Axle Load, EALやESALと称している）に換算する。そのう

表-1.10 車両重量測定の結果

輪荷重	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7
輪 数	15,449	1,248	609	165	88	63	17
輪荷重	7~8	8~9	9~10	10~12	12~14	14~	
輪 数	9	6	2	1	1	0	
合 計 輪 数	17,658 輪						
全 交 通 量	8,283 台						
大型車交通量	1,551 台 (内3軸以上 325台)						

ち、Shellの方法以外は、軸荷重を換算する際に、シングル軸とタンデム軸を区別して換算係数を適用している。そこで、シングル軸の数とタンデム軸の数を算出することにする。なお、AASHTOの設計法では、トライデム軸に対する係数も用意しているが、日本ではトライデム軸はほとんどないので、タンデム軸までを考えることにする。

車両重量調査結果のうち、輪荷重の大きいものは大型車の中でも特に大きいものとし、3軸以上の大型車は、すべてタンデム軸と残り1軸からなる車両とし、輪荷重の大きい方から分布していると考え。つまり、12～14tonの輪荷重は、タンデム軸による荷重と考え、 $13 \times 2 \times 2 = 52\text{ton} = 116\text{kips}$ とみなすことにする。同様に9～10tonの2軸は $9.5 \times 2 \times 2 = 38\text{ton} = 84\text{kips}$ というように考えていくと、軸荷重の分布は表-1.11のようになる。なお、軸数の0.5軸は便宜上想定したものである。

ESALを求める際の、各軸荷重に対応する換算係数については、どの設計法も基本的にはAASHTOの設計法から引用している。AASHTOの設計法の改訂では、AASHTO道路試験の結果を再解析することにより、舗装が破壊したと考えられる限界のPSI(P_t)と、想定される舗装の構造指数に応じて換算係数を変えている。今回の計算では、AASHTO暫定指針の換算係数と一致する $P_t = 2.5$, $SN = 5$ における換算係数を採用した。

実際の設計では、特定の地点での車種ごとに軸荷重を測定し、車種ごとの交通量とESALへの換算係数(Track Factor)を算出し、車種別交通量の測定結果からESALを算出しているが、ここでは軸重ごとの換算係数からESALを求めることにする。ただし、日本に見られるような極端な過積載を諸外国では想定していないので、軸重と換算係数の関係の図を描き、外挿によって換算係数を求めることにする。表-1.11にもとづいてESALを計算すると730軸/日となる。

交通量に関する設計値を求めるために、以下の事項を想定した。

- ① 設計期間は10年間とする。
- ② 交通量の伸びは2%/年とする。
- ③ 路床の凍結については考えない。
- ④ アスファルト混合物は加熱アスファルト混合物、路盤は粒状路盤とする。
- ⑤ 路床は鉛直方向に均質とする。

計算の結果、設計交通量は

$$730 \times 365 \times 10.95 = 2.92 \times 10^6 \text{軸} \cdots \cdots (1.1)$$

となる。式(1.1)中で、10.95は交通量の伸び率を考慮した年数に相当する係数である。

Shellの方法では、8.2ton(18kips)の軸荷重を1.0とし、日本と同様の4乗則によって換算軸数を求めている。その方法で10年間の累積軸数を算出すると、 4.44×10^6 軸となる。

(2) 路床の支持力の評価

路床のCBRを測定した結果、6.5, 6.8, 7.1, 7.5, 7.9という数値が得られたとする。アスファルト舗装要綱における設計CBRは

$$\begin{aligned} \text{設計CBR} &= \frac{6.5+6.8+7.1+7.5+7.9}{5} - \frac{7.9-6.5}{2.48} \\ &= 6.6 \cdots \cdots (1.2) \end{aligned}$$

となり、CBRを6と考えて設計を行うことになる。

AASHTOの設計法では、路床の支持力を路床土のMrで評価することになっている。しかし、Mrの測定は特殊な試験装置が必要となるため、CBR、K値、R値などからMrを算出できるように関係式を示しており、CBRとMrの関係については、 $Mr = 1500 \times CBR \text{ (psi)} \cdots \cdots (1.3)$

が与えられている。注意として、この関係はかなりばらつきを含んでいることが示されているが、日本の設計法での設計CBRを算出する際には、標準偏差σに相当する分だけ安全側をとっているため、式(1.3)をそのまま適用し、レジリエントモデュラスを $1500 \times 6 =$

表-1.11 換算係数の算定

シングル軸荷重				タンデム軸荷重			
軸 重	軸 数	換算係数		軸 重	軸 数	換算係数	
1 トン 2 kips	15,449	0.0002					
3 トン 7 kips	1,248	0.022					
5 トン 11kips	311	0.139		10 トン 22kips	149.0	0.180	
				14 トン 31kips	82.5	0.758	
				18 トン 40kips	44.0	2.08	
				22 トン 49kips	31.5	4.25	
				26 トン 58kips	8.5	8.40	
				30 トン 67kips	4.5	14.6	
				34 トン 76kips	3.0	23.7	
				38 トン 84kips	1.0	35.3	
				44 トン 98kips	0.5	64.0	
				52 トン 166kips	0.5	115.0	

9,000psi=630kgf/cm²とする。

A I の設計法においても、路床の支持力をM r で評価しているが、道路の重要度に応じて路床の支持力に安全率を見込むために、交通量ごとのパーセンタイル値が与えられている(表-1.12)。測定されたCBRをM r に換算し、大きさの順に並べると表-1.13のようになる。M r の値と確率の関係をプロットし、目標パーセンタイル値の87.5に相当する支持力を読み取ると、M r =68.8MPa=720kgf/cm²=10,000psi となる。

英国の設計法においては、平衡含水比でCBRを測定することにしており、日本におけるCBRの評価方法と若干の違いがある。したがって、日本国内の評価では同一のCBRを示す土でも、平衡含水比が異なる場合には、異なるCBRを示すことになる。しかし、そこまでの厳密な検討は不可能であるため、とりあえず日本の設計と同様にCBR=6で路床土を評価することにする。

Shell の設計法では、路床土の支持力を弾性係数E_sで評価することになっている。この弾性係数は、現場における繰返し載荷試験によって求めることが原則であるが、CBRと弾性係数の関係式によって、CBRから算定できるようになっている。

$$E_s = 10 \times CBR \text{ (MPa)} \dots\dots (1.4)$$

これに従うと、E_s=60MPa=613kgf/cm²となる。ただし、Shell の設計法では、設計用の図表をCBR=

表-1.12 路床の支持力評価に使用するパーセンタイル値

設計交通量換算標準軸数	パーセンタイル値
10,000以下	60
10,000~1,000,000	70
1,000,000 以上	87.5

表-1.13 レジリエントモデュラス (M r) の算定

CBR	M r			支持力の 超過確率
	p s i	kgf /cm ²	M P a	
7.9	11,850	830	81.3	20
7.5	11,250	788	77.2	40
7.1	10,650	746	73.1	60
6.8	10,200	714	70.0	80
6.5	9,750	683	66.9	100

2.5, 5, 10, 20の4種類しか用意していないので、CBR=5の場合を適用することにした。

(3) 断面の決定

日本の設計は、アスファルト舗装のC交通の設計CBR=6の断面によった。ただし、アスファルト安定処理は、加熱アスファルト混合物として施工されることがほとんどなので、アスファルト混合物層に含めた。

AASHTOの設計法を適用するためには、その他の情報として設計の信頼度(安全率をどの程度にとるかに相当する)、破壊確率を計算するための正規化された標準偏差、PSIの初期値と破壊時のPSIの差が必要となる。そこで、信頼度を比較的重要な路線に適用する数値である95%、標準偏差を設計法における推奨値の0.35、PSIの低下を2.0(破壊をPSI=2.5としたので、初期値は4.5に相当する)とした。また、路床土のM r を9,000psi, 18kipsの軸荷重数は2.92×10⁶軸とした。各層の材料の相対強度係数は、弾性係数に対応する値として与えられているが、アスファルト混合物層=0.44, 上層路盤=0.13, 下層路盤=0.10とした。ただし、上層路盤の厚さは施工性を考えて、最低で10cm(4インチ)とした。なお、AASHTOの設計法では、交通量に応じて、アスファルト混合物層および粒状路盤層の最小合計厚を定めているが、計算例の場合ではアスファルト混合物層が4インチ、粒状路盤層が6インチである。

A I の設計法では、交通量ごとの最小アスファルト混合物層厚が定められており、路盤の厚さごとに、交通量-路床支持力-アスファルト混合物層厚の関係が示されている。粒状路盤の厚さを日本の設計例に近い値の30cmとし、路床土のM r を10,000psi, 18kipsの軸荷重数は2.92×10⁶軸を適用して厚さを決定した。ただし、上層路盤と下層路盤の厚さの決定については示されていないので、30cmを15cmずつに分けた。

英国の設計法では、交通量と路床の支持力に応じて、下層路盤の厚さが決定され、交通量に応じて上層路盤の厚さと表層の厚さが与えられる。

Shell の設計法では、アスファルトとアスファルト混合物の、弾性係数の関係が必要であるが、比較的硬いアスファルトを用いた硬質のアスファルト混合物を想定した。また、年平均気温は20℃とした。

比較設計の結果を図-1.4に示す。図より、日本、A I, Shell の設計断面には、大きな厚さの違いがなく、AASHTOの断面がやや薄く、英国の断面が薄いことがわかる。英国の設計法による舗装が薄いのは、C

BRを平衡含水比によって評価することが原因と考えられ、CBR=3とし、路盤にマカダムアスファルト(Road Note 29に掲載の材料)を使用すると、ほぼ日本の設計結果と同様の厚さとなる。

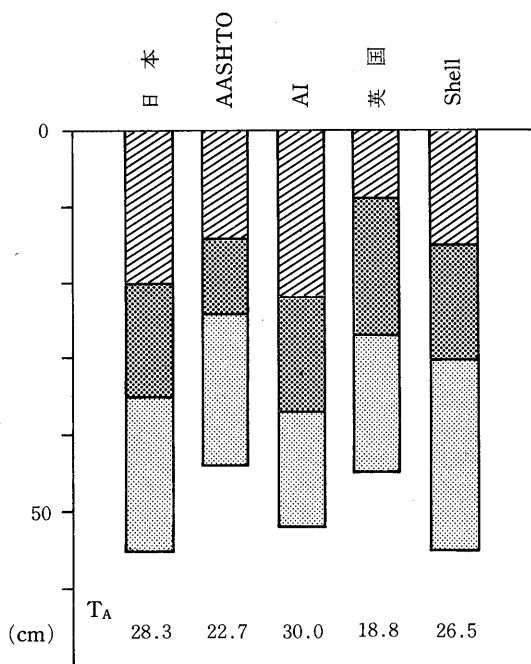


図-1.4 比較設計の結果

同一の交通量の箇所について、横軸にアスファルト舗装要綱の設計CBRをとり、縦軸に T_A をとったものを図-1.5に示す。ただし、路床の支持力評価値は設計CBRを各設計法で示されている換算式にそのまま適用した値を用いている。また、英国の設計法について

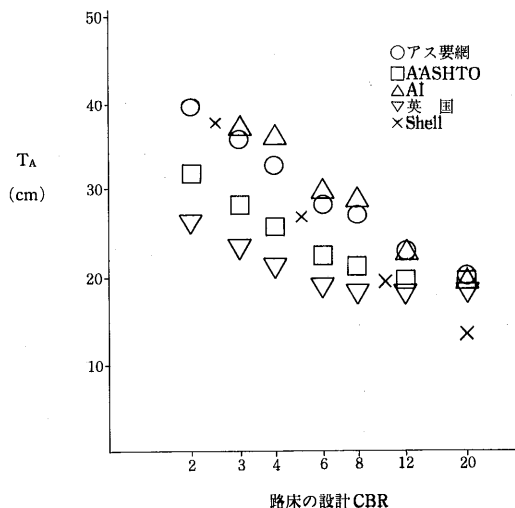


図-1.5 設計法の比較

は、設計CBRを平衡含水比でのCBRにそのまま置き換えている。

ここでの計算を行うに当たっては、かなり大胆な仮定をおいている。したがって、各箇所について調査から始めて正確に各設計法を適用すれば、かなり異なった断面となる可能性があるが、設計結果を比較するという目的からは一応の目安となるだろう。

1-5 舗装設計法の最近の傾向と今後の動向

舗装構造設計の世界の動向については、1962年から5年毎に行われている「アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議」でおおよそ把握することが出来る。

この会議における最近の傾向は、多層弾性プログラムによる舗装構造解析法の舗装設計への利用とPMS (Pavement Management System) への取り組みに関する論文の増えたことである。この傾向は第4回(1977)の会議あたりから顕著になってきたが、第5回(1982)、第6回(1987)では主要テーマにまでなっている。

第4回では構造設計プログラムVESYSIIMや、舗装の供用限界予測のシステム開発に関するものが数多く発表されているが、これらはPMSの根幹をなすものであり、PMS構築にあたっての基礎作りの段階にあったといえる。第5回ではさらに新しい構造解析用プログラムが開発され、各国におけるPMSの例が紹介されている。そして、先般行われた第6回の会議でもその傾向は変わらず、各国におけるPMSの例が多数紹介されている。

このようなことから、以下では多層弾性プログラムとプロジェクトレベルのPMSへの取り組みについて述べることにする。

(1) 多層弾性プログラムの利用

最近改訂のあった設計法の特徴は、理論的な解析手法を取り入れたり、また経験的に作られた設計法のチェック手段として、理論的な解析手法が用いられていることである。

BISAR, CHEVRON 5Lなど多層弾性プログラムの開発とコンピュータの発達にともなって、DAMA (AI), AMPAD (英国), AGIP (イタリア), ALIZEIII (フランス) など構造設計プログラムが各国から発表されている。これらのプログラムは、ある設定された舗装断面の応力やひずみを求め、基準値と比較することによって舗装構造の妥当性をチェックするといった使われ方をするのが主である。さ

らに舗装の疲労状態や永久変形を予測するサブプログラムが組み込まれているものもあり、実測値との整合性もかなり高まっていることが確認されている。

これらのプログラムのうち、DAMAは舗装が供用限界に至るまでの期間を予測することを主眼としたプログラムで、実際にAIの設計法に組み込まれているように実用プログラムとして代表的なものである。

(2) 各国におけるPMSへの取り組み

科学技術全体がそうであるように、舗装の世界でも画期的な新材料、新工法の発見はあまり期待できない。そして今後力を入れるべきことは、すでに持っている知識を有効に利用することであり、システムとしてまとめ上げるのが大きなテーマとなる。

PMSへの取り組みは世界的な傾向であるが、プロジェクトレベルのPMSについては既に公表されたプログラムがいくつかあり、当研究グループでも過去に何回か紹介してきた。その代表的なものとしてVESYS, SAMP, OPACがある。ただしVESYSは構造解析にとどまるサブシステム的なプログラムで、後二者とは若干性格が異なっている。PMSはより実情にあったものへと改善が繰り返されることで進歩するが、上記3例について簡単に紹介する。

1) VESYS (Viscoelastic System)

VESYSは舗装体を粘弾性論をはじめ弾性論、塑性論を用いて解析するシステムで図-1.6のように変遷しており、現在はVESYSIVが公表されている。VESYSIIMについては文献⁷⁾⁸⁾で詳しく紹介されているので参照されたい。

VESYSIVは、適用範囲を3層系から多層系に拡張、低温クラックの予測、季節による永久変形の予測が可能であるなど、本システムの要点とも言える予測システムの精度が高まり、このことはAASHO道路試験の実測値によっても確認されている。

2) SAMP (Systems Analysis Method for Pavement)

SAMPは実用舗装管理システムとして開発されたFPSをさらに改良発展させたもので、SAMP-5までの情報について文献⁸⁾¹⁰⁾に詳細が報告されている。

SAMP-6プログラムは図-1.7に示すように、入力変数の数が7から12に変わり、それとともなってシステムの内容にも改良が加えられた。その主な改善点は、

- ① 摩耗層やオーバーレイ層材料の強度や施工費の推定をできるようにした。

- ② 施工費の推定にあたっては、SAMP-5では車線毎に単位面積当りの費用を計算しているのに対し、SAMP-6では路肩を含めた全幅で計算している。

- ③ 舗装が供用限界に至るまでの過程の予測に、確率的な手法を導入している。

- ④ 維持費用算出式を修正している。

- ⑤ 費用計算における瀝青材、プライムコート、路肩の改良に対する費用を考慮している。

- ⑥ 粘土の膨張によるサービス指数減少の推定方法を改善している。

等である。

3) OPAC (Ontario Pavement Analysis of Cost)

OPACは、初期施工費用、設計期間中の費用、オーバーレイ費用、維持費用、それに利用者費用を考慮

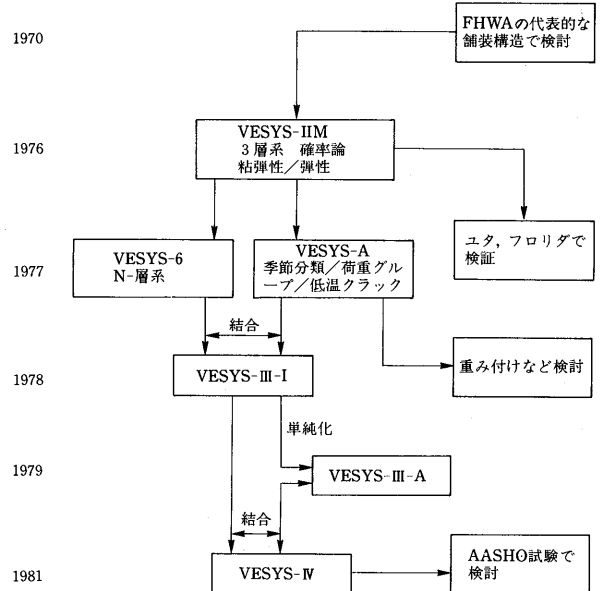


図-1.6 VESYSの展開

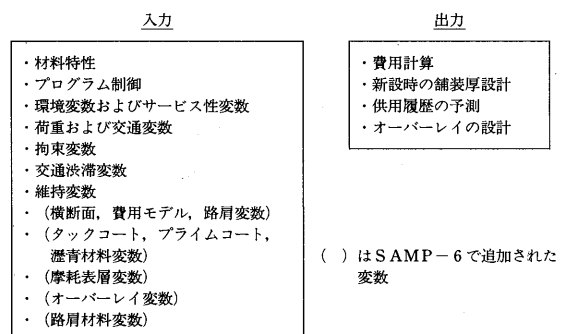


図-1.7 SAMP-5および6の入力と出力

し、トータルコストを検討する機能を有している。舗装の供用性変化の予測式はAASHO道路試験とBrampton(カナダ、オンタリオ州)道路試験の結果を用いており、また層構造の解析は弾性理論によっている。

このプログラムでは、路床条件、交通条件、使用材料費用などを入力すると最大24の設計断面候補が出力される。

OPACは、最小の費用で最大の効果をあげる断面を選択することを目的とするシステムで、SAMPとは極めて類似している。しかし、SAMP、OPACともアウトプットされるのはあくまでも候補断面で、このうちどれを採用するか最終決定は、技術者の行政的な事情を踏まえながら行うべきであり、単に費用の安い断面をそのまま採用すべきではないことを強調している。

4) 今後の傾向

このようなプロジェクトレベルのPMSを確立しようとする動きは、米国、カナダに端を発して以来、世界的に見られるようになった。しかし設計時に新設、施工、供用、維持修繕などの情報を反映させる手法は、高い精度の供用性予測が重要で多くのデータが必要である。

既存のシステムの供用性予測式は、AASHOの道路試験の結果を利用しているものが大部分である。最近の国際会議の傾向をみると、供用限界の定義付け、あるいは破壊、わだち掘れ量等の予測式の開発などに関する論文が、PMSに関する論文とともに数多く報告されているが、これらは各国の実情にあったシステムを確立しようとする努力の現われといえよう。

(3) 日本におけるPMSへの取組みの現状

予算の効率的執行といった観点から、日本においてもPMSの導入が各機関で検討されている。しかしアスファルト舗装要綱にもとづいて設計された舗装については、当初設計の妥当性をチェックするデータが少なく、特に設計条件や設計断面と舗装のライフサイク

ルとの関連については明確とはいえない。したがって、システム化への取り組みの動きがあったとはいっても、日本ではその基礎となるデータバンクシステム確立の緒についたばかりというのが現状である。

プロジェクトレベルのPMSは最適設計を主眼としているので、実測データを数多く収集し、経済的な裏付けがなされればコンピュータの利用などによりある程度机上でまとめることが可能である。しかし、一方では社会の要請が大きく影響する舗装の分野で、単純に技術レベルで予算計画を立てるのは極めて難しいという現実的な問題もある。

最適設計を行う前提として①予算枠を想定してその範囲以内で行うか、あるいは②供用水準(管理限界)を定め、それに応じて予算を算出するかの、大きく2つの考え方があるが、現行の制度、機構の中では当面両方のケースを考慮し、システムの確立をめざすことになるだろう。

さらに各プロジェクトごとに得られた最適なライフサイクルは、各年次の必要予算算出すなわちネットワークレベルの計画のもととなるものである。したがって、プロジェクトレベルのシステム化とはいっても、ネットワークレベルと連動させながら検討していくことも必要である。ネットワークレベルのシステムについては、第5章維持修繕の中で述べられている。

わが国には、まだSAMPやOPACのようなシステムの実例が無く、実務を担当している技術者もまだ全体のイメージがつかみきれていないのが実情のようである。ある地域あるいは路線を決めて小さなモデルとなるシステムをつくり、まずはその考えを浸透させることが重要ではないだろうか。

文責 池田 拓哉
大坪 義治
竹田 敏憲
姫野 賢治
峰岸 順一

— 参考文献 —

- 1) Burmister D.M. : The Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems and Applications to the Design of Airport Runways, Proc of HRB, Vol.23, pp.126
- 2) Jones A. : Table of Stresses in Three-Layer Elastic Systems, HRB Bulletin 342, 1962
- 3) Peattie : Stress and Strain Factors for Three Layer Elastic System, HRB Bulletin 342, 1962
- 4) 石原 : 二層地盤内の応力伝播に関する1考察, 土木学会論文集, 第68号, 昭和35年
- 5) Hubbard P. : Research Work to Improve Asphalt Paving Mixture Municipal and Country Engi-

neering, No.11, 1924

- 6) Vallerga B.A.: SYMPOSIUM-Asphalt Durability, Source and In-Service Effects, Introduction -Pavement Defficiencies Related to Asphalt Durability, Proc of AAPT, Vol.50, pp.481, 1981
- 7) 阿部: 舗装設計システム-V E S Y S I I Mについて, アスファルト, 第118号, 昭和57年

- 8) 阿部: 舗装管理システムに関する研究の動向, 土木学会論文集, 第372号, 昭和61年 8 月
- 9) 南雲ほか: 道路舗装の設計, 道路実務講座, 第 6 卷, 山海堂, P P.123, 昭和59年 3 月
- 10) 竹田: 舗装管理システムについて-SAMP-5, アスファルト, 第126号, 昭和56年

フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針 (案)

B 5 版 42ページ 実費頒価 8 0 0 円 (後払い不可)・申込先 (社)日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門 2-6-7

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

当協会のアスファルト舗装技術委員会においてフルデプス舗装の厚さ設計の基準化とシックリフト工法の標準化に関して鋭意検討され, ここに「フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針(案)」がとりまとめられ出版することになりました。

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

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

目 次

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| 1. 総 説 | 3-4 アスファルト混合物 |
| 1-1 フルデプス・アスファルト舗装の定義 | 4. 路床および路盤 |
| 1-2 適用範囲 | 4-1 概 説 |
| 2. 構造の設計 | 4-2 路 床 |
| 2-1 舗装の構造 | 4-3 路 盤 |
| 2-2 設計の方法 | 5. 表層および基層 |
| 2-3 排 水 | 6. 品質管理および検査 |
| 3. 材 料 | 6-1 概 説 |
| 3-1 概 説 | 6-2 出来形および品質の管理 |
| 3-2 瀝青材料 | 6-3 検 査 |
| 3-3 骨 材 | 7. 記 録 |

2 章 材 料

2-1 概 説

アスファルト混合物はアスファルトおよび骨材から構成され、舗装に必要とされる性状を得るためには適切な配合設計を行う必要がある。そのため、種々の試験を実施して混合物の性状を確認しなければならない。

材料試験は使用予定の材料が品質規定を満足するかどうかを確認するもので、配合設計は材料試験によって合格した材料を用いて目的にかなった混合物の配合割合を決定するものである。アスファルト混合物の評価試験は作製した混合物の性状を調査して、混合物として具備すべき条件を満足しているかどうかを確認するために行うものである。これらの一連の手法については海外および日本において長年にわたって研究されてきた。

本章ではアスファルト混合物の構成材料であるアスファルトおよび骨材の品質規格、アスファルト混合物の配合設計方法および評価方法の変遷について述べ、現状および問題点、今後の課題についてまとめることにする。

2-2 アスファルト

2-2-1 海外と日本におけるストレートアスファルトの品質規格

原油は常圧で蒸留され、用途に応じてガソリン、灯油、軽油、重油などの石油製品に分留することができる。ストレートアスファルトはこの分留による残留物をさらに減圧状態で蒸留して得られる残留物である。この蒸留時に温度、時間、減圧等の条件を調整することにより、様々なストレートアスファルトを製造することができる。これを舗装用ストレートアスファルトとして規定された品質規格に合うように蒸留調整を行ったものが舗装用ストレートアスファルトである。

わが国における当初の舗装用ストレートアスファルトは、限られた数種の原油から精製されていたため、当時の品質規格によって舗装用ストレートアスファルトとして適した品質を維持しやすい状況にあった。その後、品質規格は処理原油の変化や時代の要求に合わ

せて変遷を遂げ、現在に至っているが、限られた種類の原油からアスファルトを製造することが一定の品質を保証するための前提条件となっているように思われる。近年の処理原油の多様化に加えて、精製技術の進歩によってその前提条件が崩れていく傾向にあるため、品質規格の見直しが必要になってきた。

ここでは、特に舗装用ストレートアスファルトの品質規格についてふれ、海外および日本の品質規格の変遷と今後の展望について述べる。

(1) 海外における品質規格

表-2.1は1960年、1983年のそれぞれの時期に各国がどのような規格で舗装用ストレートアスファルトの品質を規定していたかを示したものである。表中の試験項目は、ASTM、AASHTO、DINなどで規定されたものであり、工学的意義が変わらないものと同じ試験項目として掲載している。

1960年当時、各国は舗装用ストレートアスファルトを針入度によって分類している。また、カナダを除く国々においては軟化点の規格を規定している。針入度、軟化点はそれぞれの温度における粘性を表わす指標となるため、針入度と軟化点を規格化することはすなわち粘度および感温性を規定したことになる。粘度および感温性はアスファルトを扱ううえにも、舗装の供用性という点にも重要な要因であり、これらを規定することの意義は大きい。粘度および感温性を規定しようという傾向は1983年にも変わりはないが、より直接的な手段として60℃粘度規格、135℃粘度規格を採用する国が出現した。1983年には、粘度および感温性を規定する試験の組み合わせの大勢として、針入度と60℃、135℃粘度の組み合わせ、針入度と軟化点に60℃、135℃粘度を加えた組み合わせ、そして針入度と軟化点だけによるものがある。フラスコ脆化点も低温における粘性を表わす指標と考えられているが、採用する国はあまり増えていない。

蒸発減量試験や薄膜加熱試験は、熱劣化試験として位置付けされる。薄膜加熱試験は、蒸発減量試験より苛酷な条件で行う熱劣化試験であり、蒸発減量試験が

表-2.1 各国のアスファルトの品質規格

(シェルグループ社内技術資料)

国名 試験項目	オーストラリア	オーストリア	ベルギー	カナダ	デンマーク	フィンランド	フランス	西ドイツ	イギリス	イタリア	オランダ	日本	ノルウェー	南アフリカ	スウェーデン	アメリカ	
																針入度 分類	粘度 分類
針入度 (25℃)	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	●
軟化点 (R & B)	○	○●	○●		○●	○●	○●	○●	○●	○●	○	○●	○	○●	○●	○	
伸度 (5 cm/分)	○	○●	○	○●	○●	○	○●	●		○●		○●	○	○●	○	○●	
粘度 (60℃, 135℃)	●	●	●	●		●							●		●		●
フラス脆化点		○●	○		○●	○		●		○●			○		○●		
針入度指数		○	○								●						
蒸発減量試験	○	○●	○	○	○	○	○●	○	○●	○●	○	○●	○	○	○●	○	
残留針入度	○	○●	○	○	○		○●		○●	○●		○	○	○		○	
軟化点上昇					○	○				●			○		○		
伸度					○	○							○		○●		
60℃粘度比															●		
フラス脆化点					○	○				○			○		○●		
針入度比												●					
薄膜加熱試験	●			●	●	●		●			●	●	●	●		●	●
残留針入度				●	●			●			●	●		●		●	
軟化点上昇					●			●									
伸度	●				●	●		●					●	●		●	●
60℃粘度比	●			●		●							●				●
フラス脆化点					●	●		●					●				
針入度指数											●						
溶解性	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	○●	●
灰分		○		○				●	○				○		○	○	
パラフィン含量		○			○●	○	○●	●		○●			○				
アスファルテン含量								○									
比重 (25℃/25℃)	○	○●	○●		○	○●	○●	○●		●	●	●	○	○	○●	○	
引火点	○●	○		○●		●	○●	●			○●	○●	●		●	○●	●
スポットテスト				●										●		●	●
イオウ含量		○															

凡例 ○● : 1960年
● : 1983年

アスファルトタンク内でのアスファルトの劣化を評価するのに対して、骨材との混合時のアスファルトの劣化を評価する点で、試験の意義が異なっている。1960年当時は、各国とも蒸発減量試験を熱劣化試験として採用していたが、1983年には、その半数以上の国で薄膜加熱試験による規格に切り替えている。また、多くの国が、薄膜加熱試験後の試験を数多く規定している。このような傾向となった理由を推測すると、蒸発減量試験ではアスファルトの劣化が少なく、試験結果が薄膜加熱試験の結果から予測できることと、各国が混合時のアスファルトの劣化の重要性に目を向けたためと思われる。

溶解性はアスファルト溶剤への可溶分を規定したものであり、1960年、1983年ともにすべての国が規格を有している。比重、引火点の規格も多くの国で規定されている。

(2) 日本の品質規格

日本のストレートアスファルトの品質は、JISによって規定されているが、舗装用ストレートアスファルトの品質は、主にアスファルト舗装要綱の規格によっており、昭和55年以降は、JISとアスファルト舗装要綱の規格は同一のものとなっている。ここではアスファルト舗装要綱の規格の変遷を取り上げることとし、それを表-2.2に示した。

アスファルト舗装要綱の規格は昭和25年にA Iの規格を導入してできあがった。その後、海外技術の導入を図りながら、伸度による規格の細分化(昭和36年~42年)など日本独自の規格を作ってきた。伸度による規格の細分化は原油の輸入事情の変化に対応させたものである。この時期には、ナフテン基原油から中東系の混合基原油へとアスファルト製造原油が変化したが、伸度による規格の細分化はアスファルトを原油別に性状を評価しようとしたものである⁹⁾。その後、原油は中東系のものがほとんどを占めるようになり、この分類の必要性がなくなり、昭和42年に姿を消している。昭和47年の暫定規格で採用された蒸発後の針入度比の規格は他国に類を見ないものであった。なお、蒸発後の針入度比は、アスファルトの貯蔵中の劣化を評価する試験である。

表-2.2 アスファルトの品質規格の変遷(日本)

規格名 発行年 試験項目	アスファルトセメント	石油アスファルト	舗装用石油アスファルト	舗装用石油アスファルト(暫定規格)	舗装用石油アスファルト	舗装用石油アスファルト	舗装用石油アスファルト
	昭和25年	昭和36年	昭和42年	昭和47年	昭和50年	昭和53年	昭和55年
針入度	○	○	○	○	○	○	○
軟化点		○	○	○	○	○	○
伸度	○	○	○	○	○	○	○
蒸発減量	○	○	○	○	○	○	○
蒸発後の針入度	○	○	○	○	○		
蒸発後の針入度比				○	○	○	○
薄膜加熱質量変化率				○	○	○	○
薄膜加熱後の針入度変化率				○	○	○	○
可溶分	○	○	○	○	○	○	○
引火点	○	○	○	○	○	○	○
比重				○	○	○	○

注) 要綱の改訂にともなう規格名も変更されている。

(3) 日本と海外の品質規格の比較

ここでは日本と海外の品質規格項目を比較することにする。日本は粘度、感温性を規定する規格として、針入度、軟化点を採用しているが、海外ではこれに加えて60℃粘度を採用している国が増えている。その理由は60℃粘度が次の2つの長所を有しているためであると思われる。第一は、60℃粘度という物理的な単位でアスファルトを評価できること。第二は、アスファルト舗装の供用性に大きく影響する60℃前後のアス

ファルトのコンシステンシーを数値として評価できること²⁾である。これらの理由から、今後この規格を採用する国がさらに増えると思われる。日本においても、セミブローンアスファルトの規格として60℃粘度がアスファルト舗装要綱に記載されている。

日本における熱劣化試験は、海外の動向と同様に、薄膜加熱試験を取り入れているが、蒸発減量試験も残している。2つの熱劣化試験を規格として採用しているのは今回の調査範囲では日本だけである。また、薄膜加熱試験を規格化している国のすべてが、日本よりも薄膜加熱試験後の試験を多く規定している。例えば、西ドイツとデンマークでは薄膜加熱試験後の試験として質量変化率、残留針入度、軟化点上昇、伸度、フラス脆化点の5項目を規定しているが、日本が薄膜加熱試験後の試験として採用している試験は、質量変化率と残留針入度だけである。

2-2-2 舗装用ストレートアスファルトの問題点と今後

舗装用ストレートアスファルトの材料試験および品質規格は、まだ検討の余地が残されていると考えられる。ここでは、舗装用ストレートアスファルトの問題点について述べることにする。

各国が重要視している薄膜加熱試験は、加熱混合時の劣化を再現できるにもかかわらず、膜厚が3mmであることからプラントでの混合時の膜厚に比べてかなり厚いという問題点がある。そのため、米国ではさらに膜厚を薄くした回転式薄膜加熱試験(ASTM D 2872)が開発され、よりプラントでの混合時の条件に近い状態での熱劣化試験が規定されている。また、アスファルトと骨材の混合に際してアスファルトの等級および混合温度が異なるにもかかわらず、同一温度(163℃)で試験を行っていることに検討すべき点がある。

供用中のアスファルトの劣化を予測する試験は現状では耐候性試験しかないが、規格などを設けるまでには至っていない。また、針入度、軟化点についても試験方法の簡便さは評価できるが、アスファルトの評価を将来的に考えた場合、60℃粘度のような物理的単位で規定できることが望ましいと考えられる。

最近、品質規格を満たしている舗装用ストレートアスファルトの品質が疑われるケースが発生している。例えば米国において、スローセツト³⁾という問題が起きている。スローセツトとは、転圧時にアスファルト混合物が軟らかすぎて転圧できなかつたり、転圧後何日間も舗装がおちつかない(軟らかい)状態となる現象

である。この原因の一つとして考えられているストレートアスファルトは品質規格を充分満足しており、現在の品質規格でこの問題に関わるアスファルトの性状をチェックすることはできない。

日本では最近になって施工時の経験的な判断から、アスファルトの性状が変化しているのではないかと言われている。そこで建設省土木研究所は舗装用ストレートアスファルトの性状を調査したが、昭和61年度に製造された舗装用ストレートアスファルトの品質はJIS規格に規定されている試験項目ではすべて満足し、昭和47年当時の品質と大きく変わっていないと報告されている⁴⁾。しかし、規格化されていない試験項目によっては同一等級のストレートアスファルトでも異なる性状を示すことがあると報告されている⁴⁾。したがって、舗装用ストレートアスファルトに真に必要なとされる性状についての調査を行うとともに、舗装用ストレートアスファルトの規格について再検討することも必要であろう。

また、近年の交通量の増大、車両の大型化、重量化のために舗装の破損が生じるという事態も発生している。この対策として骨材の粒度による対応等様々な検討がなされてきたが、バインダーであるアスファルトの性能を高めることも非常に重要かつ効果大きいことが知られている。ここでいう高い性能をもつアスファルトとは、供用時には高温（60℃前後）で高い粘度を有し、低温（10℃以下程度）において柔軟性を失わず、しかも、施工性がよく、劣化しにくく、はく離に強いなどの特性をもつものを指す。これを目標として登場したのが改質アスファルトである。

2-2-3 ストレートアスファルトの改質

アスファルト舗装の破損に関しては第1章で取り上げたが、改質アスファルトはバインダーの面から、破損に対する抵抗性を高めることを目的として開発されてきた。したがって、改質アスファルトの開発は、ストレートアスファルトをその目的に適した方向で改質することにより進められてきたと言える。ストレートアスファルトの改質方法としては、以下の例があげら

れる。

- ① 流動に対する抵抗性を高めるために、供用温度域内の高温での粘度を高める。（針入度を下げる。軟化点を上げる。）
- ② 低温でのひびわれに対する抵抗性を高めるために、供用温度域内の低温での粘性を低下させ、脆化点を下げる。
- ③ 骨材の把握力とアスファルトの粘着力を高めるために、タフネスとテナシティを高める。

このような改質方法によって、今日まで種々の改質アスファルトが開発されてきた。

2-2-4 改質アスファルトの開発と効果

改質方法は大きく分けて、アスファルトに組成的に異なった材料を添加、混合することにより改質しようとする方法と、アスファルトの分子構造を化学的に改質しようとする方法がある。ここでは、前者の代表的な例であるポリマー（高分子物質）入りアスファルトと、後者のわが国で研究、開発されたセミブローンアスファルトについて述べることにする。

(1) ポリマー入りアスファルト

ポリマーはアスファルトの改質材として多く用いられている。そして、その種類は多種多様である⁵⁾が、熱可塑性エラストマーが主体となっている。

一般に、熱可塑性エラストマーは力学的な性質によってゴムと熱可塑性樹脂、そしてゴムと樹脂双方の性質を有するブロック共重合物とに分類される。各々の代表的なものを表-2.3に示したが、その中でも、ゴムでは天然ゴムとSBR、熱可塑性樹脂ではEVAとEEA、そしてブロック共重合物ではSBSとSISが良く知られている。

ポリマーによるアスファルトの改質は古くから試されていたようであるが、1935～41年の間にオランダで施工された30箇所程度のゴム入りアスファルト舗装が第2次世界大戦中の戦車などの重機による過酷な供用下において、他のストレートアスファルト舗装よりも破損が少なかったことによって、その改質効果が評価されたとの報告もある⁶⁾。また、わが国においてもポリ

表-2.3 アスファルト改質材としての代表的な熱可塑性エラストマー

ゴ ム	熱 可 塑 性 樹 脂	ブ ロ ッ ク 共 重 合 物
天然ゴム (NR) スチレンブタジエン共重合物 (SBR) ポリクロピレン (CR) アクリルニトリルブタジエン共重合物 (NBR) スチレンイソピレン共重合物 (SIR) エチレンプロピレン共重合物 (EPDM)	ポリエチレン エチレン酢酸ビニル共重合物 (EVA) エチレンエチルアクリレート共重合物 (EEA) ポリプロピレン	スチレンブタジエンブロック共重合物 (SBS) スチレンイソブレンブロック共重合物 (SIS)

マー入りアスファルトは比較的早期に導入され、1952年には東京都においてわが国初のゴム入りアスファルト（天然ゴム粉末）の試験施工が行われた⁷⁾。

しかし、各種ポリマーは同時期にすべてが導入されたわけではなく、最初ゴムによる改質効果が認められ、その後熱可塑性樹脂の改質効果が確認され、最近になってゴムと熱可塑性樹脂の併用タイプやブロック共重合物が導入されてきた。

ポリマーの改質効果は種々の文献に発表されているように、一般的には次のようなことが言えるとされている⁸⁾。

- ① 針入度を低下させ、軟化点を上げる。
- ② 感温性を低下させる。（＝針入度指数（P I）を上げる。）
- ③ 付着性を改善する。
- ④ 粘性を増加させる。
- ⑤ 弾性を向上させる。

ポリマーの改質効果を示す一例として表-2.4にA～Eの5種類のストレートアスファルトに同量の固形分のSBRを添加した改質アスファルトの針入度、粘度（60℃および135℃）および4℃における伸度を原アスファルトと比較して示した⁹⁾。上段は原ストレートアスファルトの性状、下段はSBRによる改質後のアスファルトの性状である。表から、SBRによる改質後のアスファルトは、各々の原ストレートアスファルトに対して、針入度が約70～85%に減少し、60℃粘度が約200～400%に増加、135℃の粘度も200%前後に増加していることがわかる。さらに、低温伸度もばらつきはあるものの、約200～400%の増加が見られる。

表-2.4 SBRによるストレートアスファルトの改質例⁹⁾

アスファルトの種類	針入度 25℃ (1/10mm)	粘 度		低温伸度 4℃ (cm)
		60℃ (poise)	135℃ (cSt)	
A	98	1,060	253	8.75
A'	72	2,790	593	27.50
B	78	1,760	352	7.25
B'	64	5,320	702	24.80
C	87	1,080	293	4.00
C'	69	2,400	529	20.00
D	93	1,100	262	6.00
D'	74	4,300	656	14.50
E	74	1,470	327	7.50
E'	63	5,430	679	24.00

注) A～Eはストレートアスファルト
A'～E'は上記各々のストレートアスファルトにSBRを混合したものの

また、図-2.1は、ゴムの改質効果として良く知られているタフネスとテナシニティの増加を表わす一例であり、同一のストレートアスファルトに各種ゴムを同量の固形分で、しかも同じ方法で添加して、添加前後のタフネスとテナシニティを比較したものである。図から、添加するゴムの種類によって大小はあるものの、改質後のアスファルトは原ストレートアスファルトと比較してタフネスとテナシニティが増加していることがわかる。この例では、天然ゴムによる改質がタフネスとテナシニティを最も増加させている。

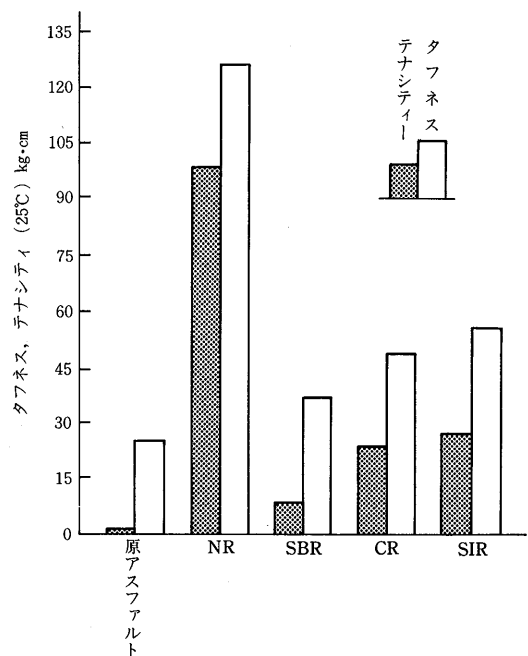


図-2.1 ゴム入りアスファルトの種類別のタフネス・テナシニティ

(2) セミプローンアスファルト

セミプローンアスファルトはわが国において重交通道路の流動対策用アスファルトとして開発されたものである。これはアスファルトの60℃粘度とアスファルト混合物の強度（例えばマーシャル安定度）が関連づけられるという米国における研究成果をもとに、60℃粘度が流動（わだち掘れ）を予測するのに有効な性状であるという方向づけから進められた。なお、セミプローンアスファルトはアスファルトをブローイング法によって酸化縮重合させることによって粘度を高めた材料である。

1975年から調査活動が始まり、1977年、1978年、1981年の三回にわたり大規模な試験施工が行われた¹¹⁾。試験

施工で得られた経験と評価により、当初AC-140(60℃粘度が14000poise クラス、現行のアスファルト舗装要綱(昭和53年版)に記載)でスタートしたこの規格も、現在は第三次試験施工規格AC-100(60℃粘度が10000poiseのクラス)で一般化され、実施工において耐流動用アスファルトとして使用され、年々実績が増加している。

2-2-5 海外と日本における改質アスファルトの現状

ここでは海外と日本における改質アスファルトの現状について述べることにする。

表-2.5は1983年にシドニーで開催されたPIARCにおいて、参加各国から改質アスファルトについて報告のあったものの要旨¹²⁾をまとめたものである。表から、参加しなかった米国、カナダを除き、主要国の動きをある程度知ることができる。

アスファルトの改質材としての実績、検討状況で目を引くものはポリマーと硫黄である。硫黄はポリマーと同様に、ストレートアスファルトに添加して改質効果が得られるものである。ポリマーの評価については否定的なものはほとんど見られないが、硫黄の実用性と将来性については、一部の国において悲観的な記述をしている。これは主として硫黄を添加したアスファルトの混合、施工時に発生する有害ガス(H₂SとSO₂)の問題と硫黄の供給を背景とした価格の上昇が主要因となっているようである。しかし、カナダのように硫黄の供給が安定しているため、価格的な利点があり、なおかつ改質効果(安定度の増加、高温域での感温性と疲労特性の改善^{13),14)}など)が期待できるとして本格的に使用している国もある。

表-2.6は1986年にTerrelとWalterによるAAPTへの報告¹⁵⁾における改質アスファルトの分類と改質効果

表-2.6 改質アスファルトの改質効果の例¹⁵⁾

分類	種類	使用主工法	改質効果	欧米での使用主要国
ゴム入りアスファルト	天然ゴム	チップシール	・骨材保持力の向上	フランス スペイン
		スラリーシール	・結合力の向上 ・感温性の低下 ・短時間で供用	米 国 ヨーロッパ
	合成ゴム	チップシール	・弾性と結合力の向上 ・感温性の低下	米 国
		アスファルト混合物	・たわみ性と結合力の改善 ・感温性の低下	米 国
	タイヤ再生ゴム	アスファルト混合物(アスファルトに溶解)	・たわみ性と粘着性の向上 ・リフレクションクラックの低減 ・低空隙率でも安定したアスファルト混合物	米 国
		骨材にゴム塊を混入	・すべり抵抗性と疲労抵抗性の向上	米 国
ブロック共重合体入りアスファルト	SBS	チップシール アスファルト混合物 開粒度アスファルト混合物(摩耗層)	・たわみ性の改善 ・わだち掘れ抵抗性の改善 ・感温性の低下	米 国 ヨーロッパ
熱可塑性樹脂入りアスファルト	ポリエチレン、ポリプロピレン	アスファルト混合物	・安定度とスチフネス係数の向上 ・わだち掘れ抵抗性の改善	ヨーロッパ
	EVA	アスファルト混合物、ホットロールド、開粒度アスファルト混合物(摩耗層)	・わだち掘れ抵抗性の改善 ・スチフネスの向上	ヨーロッパ
	エチレン-プロピレンゴム(EPDM) ¹¹⁾	アスファルト混合物	・わだち掘れ抵抗性の改善 ・感温性の低下	ヨーロッパ
その他の添加剤入りアスファルト	繊維入りアスファルト	アスベスト	薄層アスファルト混合物	・リフレクションクラックの抵抗性の向上 ヨーロッパ
		ポリエステル	アスファルト混合物	米 国 米 国 スペイン
		ポリプロピレン	アスファルト混合物、スラリーシール	
		岩綿 ²⁾	開粒度アスファルト混合物(摩耗層)	・摩耗抵抗性の向上 ス イ ス 国 フランス
		スチールファイバー	アスファルト混合物	・安定度と引張強度の向上 ヨーロッパ
	金属化合物	マンガン有機錯化合物 アスファルト混合物 開粒度アスファルト混合物(摩耗層) チップシール	・安定度とスチフネスと複素弾性係数の向上 ・感温性の低下 ・舗設後の老化抵抗性の向上	米 国 ヨーロッパ
		金属アミン錯体	アスファルト混合物	・老化抵抗性の向上 ・耐水性の向上 米 国

注 11) : ここではEPDMを熱可塑性樹脂として扱っている。

2) : 火成岩を融解し、これを空気または空気と水蒸気で吹き飛ばして繊維状にしたもの。

表-2.5 海外における改質アスファルトの使用, 検討状況の概要

国名	改質剤の種類	備考	国名	改質剤の種類	備考
オーストラリア	・ポリマー ゴム ・消石灰	・30年間の試験施工の実績。 ・5州でゴムアスファルトのシーラントとSAMI ¹⁾ 工法で使用。 ・酸化防止に効果。	ユーゴスラヴィア	・ポリマー 天然ゴム ECB SBS ポリイソブチレン ポリエチレン ポリイソブチレン 廃ゴム(タイヤ)	・試験施工で良好な結果。 ・ストアス(針入度80)に混合。評価はSBSが最も良く、続いてECB ²⁾ だが、ポリイソブチレンの効果は薄い。 ・最近その効果を見直す動きがある(輸入ポリマーの使用は難しい)。
イギリス	・ポリマー ブロック共重合体 エポキシ樹脂 EVA ・硫黄	・SBSは流動抵抗性が高い。 ・アスファルトに15~20%配合。流動抵抗性がきわめて高い。 ・アスファルトに2~5%配合。ゴムと比較して弾性が劣る。 ・コスト高と有害ガス(H ₂ S, SO ₂)の問題で伸び悩み。	オランダ	・ポリマー 熱可塑性樹脂 エポキシ ハク離防止剤 ・硫黄	・鋼床版等の特殊箇所表層舗装に使用。 ・試験中。 ・使用量は増加中。 ・1978年に試験施工。アスファルトに40%配合。プラスとマイナスの両面を持つ。
ノルウェー	・硫黄	・1977年から検討を開始。 ・硫黄価格=アスファルト価格の2/5。 ・1982年に規格制定。1983年から実施。 ・臭いと縦ジョイントクラックに問題。	オーストリア	・硫黄	・1975年から検討。1977~1980年でワールド工法で6件、注入マッシュ工法で1件の試験施工を行う。 ・アスファルトに30%程度配合が最適。
インド	・ポリマー スチレン, ポリスチレン ニトリルゴム ゴムエマルジョン ・硫黄 ・タール ・ハク離防止剤 ・その他 ジエチル亜鉛ジチオカルバート フェニールβナフチルアミン メルカプトベンゼンチオゾール フェノチアジン 消石灰	・タールに配合。 ・" " で試験良好。 ・試験中。 ・表層用として試験中 ・アスファルトに0.5~10%配合。 ・室内試験レベルで酸化防止に効果。	ベルギー	・ポリマー ゴム 再生ゴム 樹脂 ・硫黄 ・コールタール	・エマルジョンタイプを表層補修としてスラリーを試験中。 ・カットバックタイプを試験中。 ・表層補修用として試験中。 ・表層補修用として実施。スラリーを試験中。 ・密粒アスファルト混合物用として試験中。 ・密粒アスファルト混合物用として実施。
フランス	・ポリマー ・硫黄	・薄層舗装用, 表面保護(補修)用として使用。 ・品質の経時変化と価格が問題。 ・舗装用として全体の1~2%を占める。 ・コストは通常の1.5~2倍。 ・コスト高で伸び悩んでいるが、1982年は60,000ton/年の実績。	西ドイツ	・ポリマー ポリエチレン ポリプロピレン ポリブタジエン ポリスチレン ポリ塩化ビニール エポキシ ・硫黄	・表層保護, 補修用として使用されている。 ・コストが問題。アスファルトに30%配合で11%コストアップ, 50%配合で18%コストアップ。 ・使用量は減少方向。小規模の施工で使用。
チェコスロバキア	・硫黄	・アスファルトに20%配合。 ・140℃以内の温度管理でH ₂ S, SO ₂ の問題はなし。	イタリア	・ポリマー ポリブタジエン ポリスチレン	・ストアス60/80, 80/100, 180/200に4~6%配合。
ソ連	・ポリマー ・硫黄	・1978年から使用。 ・アスファルトに30~40%の配合が適当。	東ドイツ	・ポリマー ゴム ポリエチレン 酸性樹脂	・ポリエチレンとゴムが有効。 ・ゴムをアスファルトに20%添加。230℃で混合。

注 ¹⁾: SAMI; Stress Alleviating Membrane Interlayers²⁾: ECB; A Compound of Copolymer Ethylene and Another Monomer with " LUCOBIT " Type Bitumen

の例の一部をまとめたものである。ここで述べられている改質効果は、記述が開発目標であるのか、実際の施工により確認されたものであるのかは不明であるが、およそ次のようなことが言える。ポリマー入りアスファルトは、一般に感温性低下の効果が得られる。その中でも、ゴム入りアスファルトは結合力の向上に、そして熱可塑性樹脂入りアスファルトはわだち掘れ抵抗性の向上に効果がある。

一方、わが国においてはポリマー入りアスファルトをアスファルト混合物のバインダーとして用いることが多いが、欧米においてはゴムやブロック共重合物入りアスファルトのエマルジョンをチップシールやスラリーシールなどの薄層の補修工法のバインダーとして用いることが、改質アスファルトの効果的な使用法の一つとして位置付けられているようである。さらに、種々の繊維やわが国ではあまり馴染みのないマンガン有機錯化合物、金属アミン錯体などの金属化合物による改質アスファルトは、その使用実績がわからないものの、改質効果からみて興味深いものである。

また、わが国における改質アスファルトの最近の使用実績を表-2.7に示した。表から、わが国の改質アスファルトの全出荷量は昭和56年から比較して、徐々に増加していることが認められ、ゴム系ではプラントミックスが、ゴム・樹脂系ではプレミックスの出荷量が多いことがわかる。

近年わが国において開発された改質アスファルトとしては、先に紹介したセミブローンアスファルトの他

に、1983年に本州四国連絡橋の鋼床版舗装用として開発された改質Ⅰ型（ゴム入りアスファルト）と改質Ⅱ型（ゴム・樹脂入りアスファルト）や1985年に第1回の試験施工が行われた耐流動・耐摩耗を目的としたゴム入りアスファルト「筑波1号」がある。「筑波1号」は、ストレートアスファルトを用いた舗装と比較して累積大型車交通量1,000万台通過時相当でわだち掘れおよびひびわれ率を50%程度、摩耗を80%程度に軽減することを目標として開発され¹⁰⁾、その効果については現在もお追跡調査中である。

2-2-6 改質アスファルトの問題点

改質アスファルトは前述の開発の背景でもふれたように、基本的には個々のアスファルト舗装の破損、問題点に対して効果が期待できるものとして開発されている。したがって、改質アスファルトの使用にあたっては問題点を明確にして、その目的に適したものを選択することが、その効果を期待する上で重要と言える。また、当然のことながら、その効果をできるだけ発揮させるためにもストレートアスファルトと同様もしくは、それ以上に配合設計および施工方法にも十分注意を払う必要がある。特に、ほとんどの改質アスファルトの場合、供用温度域の改質効果が得られるものの、混合・施工に適した粘度を得るためにはストレートアスファルトに比べて高い温度を必要とすることから、温度管理は重要と言える。

また、プレミックスタイプの場合は、アスファルトタンク内での他の材料との混入、アスファルト貯蔵中

表-2.7 改質アスファルトの種別・タイプ別出荷量

種 別		年 度 使用形態	年 度 別 出 荷 量 (t)														
			56			57			58			59			60		
			t	%	指数	t	%	指数	t	%	指数	t	%	指数	t	%	指数
ゴ ム 系	プレ ミ ッ ク ス	21,469	19.9	100	25,655	22.7	119	26,782	22.1	125	28,393	22.7	132	27,782	20.8	129	
	ブラントミックス	63,250	58.6	100	56,665	50.1	90	59,750	49.3	94	61,163	49.0	97	62,825	47.1	99	
	小 計	84,719	78.5	100	82,320	72.8	97	86,532	71.4	102	89,556	71.7	106	90,607	67.9	107	
樹 脂 系	ブレ ミ ッ ク ス	1	—		0	0		0	0		0	0		0	0		
	ブラントミックス	5,784	5.4	100	6,800	6.0	118	5,891	4.9	102	6,652	5.3	115	10,288	7.7	178	
	小 計	5,785	5.4	100	6,800	6.0	118	5,891	4.9	102	6,652	5.3	115	10,288	7.7	178	
ゴム・樹脂系	プレ ミ ッ ク ス	16,777	15.6	100	23,148	20.5	138	25,683	21.2	153	24,274	19.4	145	25,683	19.3	153	
	ブラントミックス	596	0.5	100	798	0.7	134	1,800	1.5	302	1,900	1.5	319	1,763	1.3	296	
	小 計	17,373	16.1	100	23,946	21.2	138	27,483	22.7	158	26,174	20.9	151	27,446	20.6	158	
セミブローン系	AC-100			—	—	—	—	1,200	1.0	100	2,500	2.0	208	5,000	3.7	417	
	そ の 他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
計	プレ ミ ッ ク ス	38,247	(35.5)	100	48,803	(43.2)	126	52,465	(43.3)	137	52,667	(42.2)	138	53,465	(40.1)	140	
	ブラントミックス	69,630	(64.5)	100	64,263	(56.8)	92	67,441	(55.7)	97	69,715	(55.8)	100	74,876	(56.2)	108	
	そ の 他	0	—	—	0	—	—	1,200	(1.0)	100	2,500	(2.0)	208	5,000	(3.7)	417	
総 合 計		107,877	100.0	100	113,066	100.0	105	121,106	100.0	112	124,882	100.0	116	133,341	100.0	124	

(注) ①プラントミックスは改質材の4% (固形分換算) として特殊アスファルトに換算。

②%は各年におけるその種類の構成比。

③指数は昭和56年度の出荷数量を100としたときの比率。

の粘度上昇や熱劣化、ポリマーとアスファルトの分離による品質の変化（劣化）に、そしてプラントミックスタイプの場合は、改質効果を得るために必要な改質材の適切な添加量の確保に注意を払う必要がある。さらに、双方のタイプ共、混合物の性状が望んでいたものとなっているかどうかを目的にあった評価方法で確認することも忘れてはならない。

改質アスファルトの開発は海外においても、またわが国においても今後も引き続き行われるものと思われる。その際に改質アスファルトもしくは改質材に要求される条件として、改質効果の高さはもちろんのこと、材料価格、品質の安定および供給の安定の見通しも考慮に入れる必要がある¹⁴⁾。さらに総合的な改質アスファルトの開発、つまりアスファルトの改質だけがひとり歩きすることのない配合設計や施工方法も検討した研究開発がこれまで以上に望まれるものとなろう。

2-3 骨材

舗装用骨材は粗骨材、細骨材、フィラーに分けられる。粗骨材は主として碎石が用いられ、玉砕、砂利、スラグなども使用される。一方、細骨材は川砂、山砂、海砂、スクリーニングススが用いられ、フィラーは石粉（石灰岩、火成岩類の粉末）、消石灰、セメント、グストなどが用いられている。粗骨材およびフィラーはアスファルト舗装要綱などによって品質が規定されているが、細骨材、特に砂の品質は明確に規定されていない。ここでは、舗装の供用性に大きく影響をおよぼすと考えられる碎石の品質および規格を中心に述べることにする。

2-3-1 骨材の規格の必要性

碎石の原石の種類はアスファルト舗装要綱によれば、硬質の玄武岩、安山岩、石英粗面岩、砂岩、安山岩もしくはこれに準じる岩石と規定されているが、碎石統計年報¹⁷⁾によれば、かなり多種類に及んでいる（図-2.2）。そのため、碎石の品質も広範囲に分布していると考えられる。また、その中で砂岩および安山岩を合わせた生産量は非常に多く、全体の約6割を占めている。しかし、砂岩および安山岩といっても、産地または地質年代によって良質なものから不良なものまでが存在するため、たとえ岩石学上同一種類に分類されても品質が同じであるとは限らない。したがって、使用する骨材が舗装用骨材として適しているかどうかを判定するために、種々の試験を行う必要がある。

NCHRPレポート¹⁸⁾によれば、舗装用骨材に要求さ

れる性質は表-2.8のようになる。しかし、現実にはこれらの性質の中から特に重要であると考えられる性質の評価試験を行っているにすぎない。

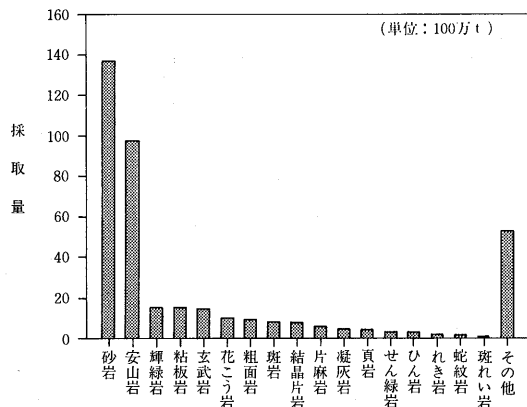


図-2.2 原石別採取量

表-2.8 骨材に必要な性質

区 分	性 質
物理的性質	粒度 形状 最大粒径 表面組織 多孔性 比重
機械的性質	安定性 (荷重载荷に対して) 強度 (引張, 圧縮に対して) スティフネス (変形に対して) すりへり抵抗 細粒化に対する抵抗性 すりへった小片の形状
化学的性質	溶解性 スレーキング 塩基交換 表面の電荷 付着 体積変化 (乾湿) 化学薬品に対する抵抗性 凍結融解に対する抵抗性 乾湿に対する抵抗性 一次的な強度変化に対する抵抗性 化合物との反応 酸化物, 水酸化物との反応 有機物との反応
熱的性質	体積変化 (熱に対して) 熱伝導率 加熱中の損失
電気的性質	電導率
光学的性質	反射 ギラツキ
美的性質	色

2-3-2 米国の品質規格

米国では、骨材の規格および試験方法がASTM¹⁹⁾とAASHTO²⁰⁾に規定されている。現行の骨材の品質規格をそれぞれ表-2.9~11に示した。AASHTOの規格はASTMの規格にほぼ準拠しているため、ここではASTMの規格を見ていくことにする。

表-2.9 骨材の規格 (ASTM)

項目	種類 番号	粗骨材 D 692	細骨材 D 1073	表面処理用砕石 D 1139	マカダム用砕石			土と骨材の混合材料			試験方法
		区分	表層	盤	表層	路盤	盤	粗骨材	細骨材	細骨材	
ロサンゼルススリベリ減量 (%)		40以下	50以下	40以下	40以下	50以下	50以下	—	—	—	C 131
安定性 (%)		12以下 (Na ₂ SO ₄) 18以下 (MgSO ₄)	15以下 (Na ₂ SO ₄) 20以下 (MgSO ₄)	12以下 (Na ₂ SO ₄) 18以下 (MgSO ₄)	20以下 (Na ₂ SO ₄) 30以下 (MgSO ₄)	—	—	—	—	—	C 88
単位体積重量 (スラッグのみ) (kg/m ³)		1120 以上	—	1120 以上	1120 以上	—	—	—	—	—	C 29
砂利の中の砕石		5mmフルイ残留分の40%以上が、少なくとも1つの破砕面をもつ	—	5mmフルイ残留分の60%以上が、少なくとも2つの破砕面をもつ	5mmフルイ残留分の75%以上が、少なくとも2つの破砕面をもつ	—	—	10mmフルイ残留分の75%以上が、少なくとも2つの破砕面をもつ	—	—	—
粗粒率 (%)		—	±0.25以内	—	—	—	—	—	—	—	C 125
粘土量 (%)		—	—	3 以下 ²⁾	—	—	—	—	—	—	C 142
比重 2.0に浮くもの (%)		—	—	1 以下 ²⁾	—	—	—	—	—	—	C 123
細長偏平 (%)		—	—	Na5,6,7 ³⁾ 10以下 Na8,9 ³⁾ —	15 以下	—	—	—	—	—	—
液性限界		—	—	—	30 以下	25 以下	—	—	—	25 以下	D 4318
塑性指数		—	4 以下	—	6 以下	6 以下	—	—	—	4 以下 (6 以下) ⁴⁾	C 2419
砂当量		—	—	—	—	—	—	—	—	35以上 (30以上) ⁴⁾	C 136
粒度		D 448	別表-1	D 448	D 448	D 448	別表-2	別表-3	別表-3	別表-3	C 117

注 1) 2mmフルイ残留分の5mmフルイ残留分の百分率
2) 細粒の百分率
3) 細粒の百分率
4) 下層路盤の場合

項目	別表-1 (D 1073)				別表-2 (D 1241)				別表-3 (D 2940)	
	No.1	No.2	No.3	No.4	A	B	C	D	E	F
フルイの目										
50mm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
40	—	—	—	—	—	75~95	—	100	95~100	90~100
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	100	100	100	100	30~65	40~75	50~85	60~100	70~92	—
5	95~100	75~100	95~100	80~100	25~55	30~60	35~65	50~85	50~70	—
2.5	70~100	—	—	65~100	—	—	—	—	35~55	30~60
2	—	—	—	—	15~40	20~45	25~50	40~70	—	—
1.2	40~80	50~74	85~100	40~80	—	—	—	—	—	—
0.6	20~65	28~52	65~90	20~65	—	—	—	—	—	—
0.4	—	—	—	—	8~20	15~30	15~30	25~45	12~25	—
0.3	7~40	8~30	30~60	7~40	—	—	—	—	—	—
0.15	2~20	0~12	5~25	2~20	—	—	—	—	—	—
0.075	0~10	0~5	0~5	0~10	2~8	5~15	5~15	8~15	0~8	0~12

骨材に関するASTMの規格はD 242, 2940を除けば、1940年代前半から1950年代前半にかけて制定され、その後若干の改訂を経ている。改訂内容を現行のASTMと比較すれば、1958年版では

- ① 細骨材の塑性指数の規定がない。
- ② 表面処理用碎石の安定性、規定がチャートで1%以下、軟石量の規定(2.5%以下、C 235)があり、粘土量の規定が0.1%以下である。
- ③ マカダム用碎石の安定性、細長偏平、液性限界・塑性指数の規定がいずれもない。
- ④ フィラーの塑性指数、有機不純物の規定がなく、0.15mmフルイの通過量(90~100%)の規定がある。

などが指摘できる。このように、骨材の規定は大幅な修正、変更がなされていないため、約40年前の規格を現在まではほぼ全面的に受け継いでいるといえよう。

2-3-3 日本の品質規格

日本の舗装用骨材の品質はJIS A 5001, 5008として規定され、アスファルト舗装要綱、日本道路公団設計

要領²¹⁾などによって規格が設けられている。碎石の規格は比重、吸水量、すりへり減量、粒度の品質を規定しているJISに準拠している。なお、アスファルト舗装要綱の規格は昭和42年版で比重が2.5以上から2.45以上に変更され、有害物含有量の限度が新たに加えられ、昭和53年版ですりへり減量が35%以下から30%以下に変更されている。表-2.12~14に昭和53年版のアスファルト舗装要綱、日本道路公団設計要領の品質規格をそれぞれまとめて示した。

2-3-4 骨材の品質規格の比較

アスファルト舗装要綱の品質規格はすでに見てきたように、ASTMの規格を参考にして決めたものと考えられる。しかし、ASTMの規格をそのまま導入したわけではなく、採用するにあたり規格値を若干修正しており、特に日本の骨材事情を考慮して、表乾比重および吸水量という独自の規格を取り入れている。これは比重が大きく、吸水量が小さい骨材が一般に硬質でち密であることから、耐久性に富むといわれているためである。また、表層でのロサンゼルス試験による

表-2.10 骨材の規格 (AASHTO)

種類 番号 項目	粗骨材			細骨材	試験方法
	M 283			M 29	
区分	クラスA	クラスB	クラスC		
すりへり減量 (%)	40 以下	45 以下	50 以下	—	T 96
安定性 (%)	12 以下 (Na ₂ SO ₄) 18 以下 (MgSO ₄)			15以下(Na ₂ SO ₄) 20以下(MgSO ₄)	T 104
単位体積重量 (スラグのみ) (kg/m ³)	1120以上	1040以上	960以上	—	T 19
粗粒率 (%)	—			±0.25 以内	ASTM C 125
粒度	M 43			ASTM D 1073 のNo.1, No.3, No.4 の粒度と同じ	T 27

表-2.11 フィラー (Mineral Filler) の規格 (米国)

		ASTM D 242	AASHTO M 17
原石の種類		岩石・スラグのダスト 消石灰、セメント、 フライアッシュ 他	岩石・スラグのダスト 消石灰、セメント、他
粒 度	0.6 mm	100	100
	0.3	95~100	95~100
	0.074	70~100	70~100
塑性指数 ¹⁾		4 以下	4 以下
有機不純物		含んではならない	—

注 1) : 消石灰およびセメントには適用しない。

表-2.12 骨材の規格 (アスファルト舗装要綱, 昭和53年版)

用 途 項 目	表層・基層	上 層 路 盤					下 層 路 盤		
		粒度調整	壓青 安定処理	セメント 安定処理	石灰 安定処理	マカダム ・浸透式	粒状材料	セメント 安定処理	石灰 安定処理
表乾比重	2.45 以上								
吸水量 (%)	3.0 以下								
すりへり減量 (%)	30 以下			50 以下		40 以下			
安定性損失量 (%)	12 以下			20 以下					
塑性指数	—	4 以下	9 以下	9 以下	6~18	—	6 以下	9 以下	6~18
粘土、粘土塊 (%)	0.25 以下								
やわらかい石片 (%)	5.0 以下								
細長いあるいはうすつぶれ石片 (%)	10.0 以下								

表-2.13 骨材の規格（日本道路公団設計要領）

項目	種 類	表層・基層		上 層 路 盤			下 層 路 盤	
		粗骨材	細骨材	アスファルト タイプ I	安定処理 タイプ II	セメント 安定処理	粒 状	セメント 安定処理
見かけ比重	2.50 以上	—	—	—	—	—	—	—
吸水量（乾燥重量百分率）（%）	3.0 以下	—	—	3.5 以下	4.5 以下	—	—	—
すりへり減量（%）	30以下	—	—	40 以下	40 以下	40 以下	40 以下	50 以下
安定性試験減量（%）	12以下	12以下	—	20 以下	25 以下	25 以下	20 以下	—
軟かい石片の含有量（%）	5以下	—	—	—	—	—	—	—
細長い、うすっぱらな石片 の含有量（%）	25以下	—	—	—	—	—	—	—
塑性指数	NP ¹⁾	NP ¹⁾	—	6 以下	8 以下	8 以下	4 以下	8 以下

注 1) : Non Plastic

表-2.14 フィラーの規格（日本）

	アスファルト舗装 要綱、公団設計要領	J I S A 5008
原石の種類	石灰岩、火成岩類	石灰石（ドロマイト を含む）
水分（%）	1.0 以下	1.0 以下
粒 度	0.6 mm	100
	0.15	90~100
	0.074	70 以上
比重	—	2.60 以上

すりへり減量のASTMの規格が40%以下であるのに対し、アスファルト舗装要綱では40%以下（昭和36年版）、35%以下（昭和42年版）、30%以下（昭和53年版）と規格を厳しく制限していく傾向がうかがえる。このASTMとアスファルト舗装要綱の規定の差は粗骨材として米国が砂利を（全米45州で使用²³⁾）、日本が碎石を多く使用していることによるものと考えられ、日本の碎石の品質規格は米国よりも厳しく規定されている。しかし、良質な骨材が今後枯渇する傾向にあることから、低品位な骨材を有効利用するための手法の開発が必要になるであろう。

2-3-5 骨材の問題点

NCHRPレポート²³⁾ではアスファルト混合物における骨材の問題点として、はく離、細粒化(Degradation)を取り上げている。また、Nichols²⁴⁾は舗装の供用性に影響を与える骨材の調査研究項目としてすべり抵抗とはく離抵抗をあげている。ここでは、骨材の問題点として上記の3点について述べることにする。

(1) はく離

はく離は骨材とアスファルトの付着力の不足によって発生する²³⁾。はく離が発生しやすい骨材の種類はNCHRPの調査²⁵⁾によれば、表-2.15に示すとおりになる。表から、粗骨材では砂利が一番はく離を起こしやすく、次いで石灰岩、花こう岩となっている。はく離

に関する調査研究は日本でも昭和40年代から行われ、すではく離の防止対策が提案されている²⁶⁾。しかし、各種のはく離試験が実施されているにもかかわらず、骨材の付着に関する明確な規定はまだ得られていない。米国でははく離に関する調査研究がNCHRP²⁵⁾、AAPT^{27,28)}に発表されている。はく離の評価試験の一例を表-2.16に示す。

表-2.15 はく離を起こした骨材の種類（米国）

粗 骨 材		細 骨 材	
岩 種	州の数	母岩の種類	州の数
砂利	25	砂利	20
石灰岩	12	石灰岩	7
花こう岩	12	花こう岩	7
流紋岩	6	流紋岩	4
玄武岩	6	スラグ	3
スラグ	4	砂岩	2
砂岩	4	珪岩	2
珪岩	3	玄武岩	1
ノバキュライト	1	ノバキュライト	1
Seyenite	1	黒曜岩	1
黒曜岩	1	片麻岩	1
片麻岩	1		

表-2.16 はく離、細粒化およびすべりに関する評価試験

区 分	試 験 名	試験方法
はく離	静的水浸試験（標準試験）	ASTM D 1664
	煮沸水試験 (Boiling Water Test)	ASTM D 3625
	動的水浸試験(Wash Test)	AAPT vol.7,1936
細粒化	野外放置試験（23週、アス ファルト非被覆）	—
	ロサンゼルスすりへり試験	ASTM C 131
	ワシントン細粒化試験	AASHTO T 210
	圧力式スレーキング試験	Tex-431-A
	ニーディングコンパクタに よる締固め-細粒化試験	ASTM D 1561
すべり	野外ウェザリング試験 (締固めた混合物)	—
	回転式小型車輪を用いた骨 材または舗装表面の促進ボ リッシュ試験	ASTM E 660
	英国式車輪を用いた骨材の 促進ボリッシュ試験	ASTM D 3319
	室内での舗装のボリッシュ 試験	ASTM E 451
	大型タイヤを用いた舗装表 面のすべり抵抗試験	ASTM E 274
	ミューメータを用いた舗装 表面の横方向すべり抵抗試 験	ASTM E 670

(2) 細粒化

細粒化は供用後の交通荷重、骨材の化学反応などによって骨材粒子が崩壊してしまう現象をいう²³⁾。日本では細粒化による問題はあまり生じていないが、海外では大きな問題になっており²⁹⁾、特に米国では、超塩基性貫入岩(玄武岩の一種)、米国中西部の石灰岩、ニューヨーク州のグレイワッケ(砂岩の一種)などを使用することによって発生するといわれている²³⁾。NCHRPレポート²³⁾では、細粒化を評価するための試験方法を表-2.16に示すように選定し、研究を行っている。なお、PIARCのレポート²⁹⁾によれば、細粒化は骨材を安定処理したり、舗装表面に防水を施すことによって抑制できると報告されている。

(3) すべり

昔から路面のすべり抵抗が交通車両の安全面から重要視されているため、すべりにくい碎石を選定しようとする研究が米国をはじめ日本でも広く行われている。表-2.17はすべり抵抗の高低によって骨材をグループ分けしたものであり³⁰⁾、グループIが最も高いすべり抵抗を有する骨材で、一般の骨材はグループIVに分類される。従来から言われているように、硬質で、しかも研摩されにくい骨材がすべり抵抗にすぐれていることが認められる。日本では硬質骨材を使用したすべり止め対策がアスファルト舗装要綱に記載されているが、骨材のすべり抵抗の評価は今のところ促進研摩後の原石BPN³¹⁾、PSV³²⁾(BS 812)の研究しか行われていない。それに対し、ASTMでは骨材および混合物のすべり抵抗を評価する試験として表-2.16に示すものが規定されている。しかし、すべりに関する調査研究はまだ規格を設けるまで進んでいないようである。

表-2.17 すべり抵抗の高低による骨材の分類

グループ	骨 材 の 種 類
I	カルサインドボーキサイト
	エメリー
II	高炉スラグ
	膨張頁岩
	砂岩、アルコース、グレイワッケ、珪岩
III	花こう岩
	片麻岩
	せん緑岩
IV	グループI~III、Vを除くすべての骨材
V	炭酸塩骨材(石灰岩他)
	砂利

2-4 アスファルト混合物の配合設計

アスファルト混合物の配合設計には経験的な方法と理論的な方法があり、前者としてマーシャル安定度試験(ASTM D 1559)、あるいはビーム安定度試験(ASTM

D 1560)にもとづくもの、また後者としてスミス三軸試験にもとづくものがある。この他に以前はハーバードフィールド試験(ASTM D 1138)、修正ハーバードフィールド試験も配合設計に用いられていたが、ハーバードフィールド試験は1980年に廃止されている。

これらの試験のうち、日本では昭和36年以降、マーシャル安定度試験による方法がアスファルト舗装要綱に採用されている。したがって、ここではマーシャル安定度試験による配合設計方法を取り上げ、その発祥の地である米国における配合設計法の変遷、それと対応させた日本における配合設計法の変遷、また海外主要国における現在の配合設計法、さらにマーシャル安定度試験による配合設計法および課題、対策等について述べることにする。

2-4-1 米国、日本におけるマーシャル配合設計法およびマーシャル安定度試験方法の変遷

マーシャル安定度試験によるアスファルト混合物の配合設計法は、米国のミシシッピ州道路局のB. Marshallにより考案され、飛行場建設のための試験方法として米国陸軍技術部隊(Corps of Engineers)で採用されたものである。アメリカ陸軍技術部隊では1943年~1944年に広範な室内試験と試験走路による実験を行い、この試験方法を規格化した。この方法はもともと飛行場のアスファルト混合物の配合設計用であったため、さらにこれを道路用に転用する試みが各所でなされ、アスファルト混合物の品質管理にも用いられるようになり、1958年以降はASTMに規格化されている。

AIのマーシャル配合設計法の変遷は、表-2.18に示すとおりである。1956年に初めて、Manual Series No. 2(以下、MS-2)の中で基準値が規格化されている。ただし、このときは突固め回数が飛行場用と道路用に分類されているだけであり、またフロー値の基準値は最大値で規定されていた。その後1960年発行のAsphalt Handbookの改訂版において、重交通・中交通・軽交通という交通分類ごとに基準値が定められ、現在の基準値の原型ができあがっている。そして、1962年にMS-2の第2版が発行され、その中で飽和度規格が最小骨材間げき率規格に変更され、また、最適バインダ一量の決定方法が一部変更された。その後はMS-2、Asphalt Handbookともに版を重ねているが、現在に至るまでマーシャル配合設計法に関する基準値の改訂は行われていない。

日本におけるアスファルト舗装要綱のマーシャル配合設計法の変遷は、表-2.19に示すとおりである。昭

表-2.18 米国アスファルト協会のマーシャル配合設計法の変遷

項 目	版	MS-2 ¹⁾ 初版 (1956年)		AH ²⁾ 改訂版 (1960年)			MS-2 ¹⁾ 第2版 (1962年)		
		75 (飛行場)	50 (道路)	75 (重交通)	50 (中交通)	35 (軽交通)	75 (重交通)	50 (中交通)	35 (軽交通)
突固め回数 (回)									
最小安定度 (kgf)		450	230	340	230	230	340	230	230
フロー値 (1/10mm)		M a x 40	M a x 50	20~40	20~45	20~50	20~40	20~45	20~50
空げき率 (%)		3~5		3~5			3~5		
飽和度 (%)		75~82	75~85	75~82	75~85	75~85	——		
最小骨材間げき率 (%)		——		——			16 (G _{max} : 10mm)		
最適アスファルト量の決定方法		最大密度、最大安定度、空げき率中央値、飽和度中央値を示すアスファルト量の平均値。		同 左			最大密度、最大安定度、空げき率中央値を示すアスファルト量の平均値。		

注 1) : MS-2 : Manual Series No.2 (Mix Design Methods for Hot-Mix Asphalt Paving)

2) : AH : The Asphalt Handbook

表-2.19 アスファルト舗装要綱のマーシャル配合設計法の変遷

項 目	版	昭和36年版			昭和42年改訂版	昭和50年修正版		昭和53年改訂版	
		50 交通量2000 台/日未満	50 交通量2000 ~7500台/日	75 交通量7500 台/日以上	50 ¹⁾	50	75 ²⁾ (D交通)	50	75 (C交通 以上)
突固め回数 (回)									
最小安定度 (kg)		250	350	500	500	500	750 ³⁾	500	750
フロー値 (1/10mm)		20~50	20~45	20~40	20~40	20~40		20~40	
空げき率 (%)		3~6			3~6	3~6		3~6	
飽和度 (%)		75~85			75~85	75~85		75~85 ³⁾	
最適アスファルト量の決定方法		最大密度、最大安定度、空げき率4.5%、飽和度80%を示すアスファルト量の平均値。			安定度、フロー値、空げき率、飽和度の基準範囲に入るアスファルト量の共通範囲の中央値。	安定度、フロー値、空げき率、飽和度の基準範囲に入るアスファルト量の共通範囲の中央値。 大型車交通量が多い場合ホイールトラッキング試験によりアスファルト混合物の性状を確かめることもある。		安定度、フロー値、空げき率、飽和度の基準範囲に入るアスファルト量の共通範囲の中央値。 大型車交通量が多い場合ホイールトラッキング試験によりアスファルト混合物の性状を確かめることもある。 設計アスファルト量を共通範囲の中央値以外で設定する場合の一つの考え方が示された。	
改訂の意図		——			¹⁾ わが国の気象が多雨多湿であり、耐久性について考慮すべきであることから、高温時に流動を起こさない範囲でなるべくアスファルト量を多くする。	²⁾ 塑性流動に対して抵抗のあるアスファルト混合物とする。		³⁾ アスファルト量の減少	

和36年に日本でマーシャル配合設計法が採用されたときは、A Iの方法を参考とし、わが国の設計条件を多少加味して確立されたものであった。その後、昭和42年改訂版においてわが国の多雨多湿の気象を考慮して、高温時に流動を起こさない範囲でアスファルト量を多くする方向で設計法が一部変更され、また、最適バインダー量の決定方法として、共通範囲という考え方が導入された。共通範囲が導入されたのは、アスファルト量がこの範囲内にあればすべての基準値を満足することから、良好な混合物であると判断されたためであ

った³³⁾。また、A Iの基準値が飽和度規格から最小骨材間げき率規格に変更されたのを受けて、わが国でも骨材間げき率の概略値が示されたが、基準値となるには至らなかった。この理由としては、①骨材間げき率は粒度分布と関数関係にある。②骨材間げき率の規定によっては空げき率と飽和度の関係に不合理が生じるという2点であった³⁴⁾。さらに昭和50年修正版以降は交通の質および量の増加に対応して、塑性流動抵抗性のある混合物となるようにアスファルト量を減少させる方向で設計法が変更され、現在に至っている。

マーシャル安定度試験方法は ASTM D 1559-58 以降, D 1559-82 まで数回にわたり改訂されており, 日本においてもほぼこれに合わせて試験法が修正されてきている³³⁾。

2-4-2 海外主要国のマーシャル配合設計法の採用状況

マーシャル配合設計法を採用している主な国として, 米国, カナダ, 西ドイツ, 日本等がある。また, 米国でも50州のうちマーシャル配合設計法を採用している州は38州あり, 以下ビーム安定度試験による方法が10州, テキサス法, 骨材粒度にもとづく方法がそれぞれ1州となっている³⁵⁾。各国および米国各州のマーシャル配合設計法は表-2.20に示すとおりである。

米国ではA Iが基準値を設定しており, 各州でも個々に基準値を設けているが, 各州の基準値はA Iのものを基本として独自に設定されたものである。特に, 安定度の基準値は各州間でかなりの差があり, 最小安定度の基準値は230~820kgfの範囲にあり, 平均で520kgf(中交通, 50回突き)となっている。突固め回数は交通量に応じて75, 50, 35回を使い分けるところが多いが, 交通量の定義にはかなりの幅がある。

カナダの基準値³⁶⁾もA Iを参考に設定されたものと考えられるが, 西ドイツ³⁷⁾はかなり異質の基準値を設定している。

日本のアスファルト舗装要綱あるいは日本道路公団設計要領の基準値はA Iを参考とし, 日本の設計条件, 経験を加味し, 修正して設定されたものであるが, 設

計要領の現在の基準値はA Iの初期のものと似ている点が興味深い。アスファルト舗装要綱, 設計要領とも安定度の基準値はA Iよりも高い値となっているが, 米国各州の平均値に近い値である。なお, 最適バインダー量の決定方法に用いられている共通範囲という概念は, 日本独自のものである。

2-4-3 マーシャル配合設計法の問題点, 課題

マーシャル配合設計法は当然のことではあるが, 限界があり, 施工中のテンドーミックス問題, 静荷重下における圧密沈下, アスファルト混合物の疲労特性, 舗装設計における構造的な強度等について考慮されていない。これらの内容を補充するためには, 配合設計法を修正するか他の試験法で補完する必要がある³⁷⁾。

アスファルト舗装要綱でも, 昭和50年版以降, 大型車交通量が多い場合にはホイールトラッキング試験によって性状を確かめることもあるとされている。ここではマーシャル配合設計法を修正あるいは補完する海外における最近の研究について紹介することにする。

近年, アスファルト混合物の配合設計に当たり, 考慮すべき課題として, 次のような点があげられている³⁸⁾。

- ① 交通量, 交通荷重(接地圧)の増加に対する対応
- ② 環境因子に対する考慮(特に温度と水)
- ③ 舗装断面構成に対応した配合
- ④ 舗装以外の用途(水利構造物, 海岸護岸構造物)に適用する場合の配合

表-2.20 各国の現在のマーシャル配合設計法³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁾

国 名 区 分 項 目	米 国 (アスファルト混合物)				カナダ	西ドイツ	日 本	
	A I (1985年)			各 州 (1985年)	(1977年)	(1972年)	アスファルト舗装要綱(密粒)	公団設計要領 ¹⁾
突固め回数 (回)	75 (重交通)	50 (中交通)	35 (軽交通)	75 (重交通), 50 (中・軽交通) 8州 50 22州 75 5州 75, 50, 35 3州	75	—	75 (C交通以上) 50 (B交通以上)	75 (重交通) 50 (中・軽交通)
最小安定度 (kg)	230			230~820 (平均 520)	270	—	500	600
フロー値 (1/10mm)	20~45			20~40または20~45	25~46	—	20~40	20~40
空げき率 (%)	3~5			平均で2.65~5.33	3~6	1~4	3~6	3~5
最小骨材間げき率 (%)	16 (G _{max} : 10mm)			14~16 (G _{max} : 10mm 16州)	14	—	—	—
飽和度 (%)	—			—	—	—	70~85	75~85
最適バインダー量の決定方法	最大密度, 最大安定度, 空げき率中央値を示すアスファルト量の平均値。			A I規格を採用 空げき率中央値 最大安定度 最大密度 VFA (飽和度) フロー値中央値 2%空げき率, 最小空げき率, 膜厚, 安定度とフロー値の比 各1州 8州 28州 20州 18州 8州 2州	—	—	安定度, フロー値, 空げき率, 飽和度の基準範囲に入るアスファルト量の共通範囲の中央値。	安定度, フロー値, 空げき率, 飽和度の基準範囲に入るアスファルト量の共通範囲の中央値。ただし, 空げき率と飽和度に重点をおく

注 1) : 一般地域, 表層

以上のような課題に対し、最近の海外の研究では、マーシャル配合設計法自体（試験法、基準値）を修正しようという試みは行われておらず、マーシャル配合設計法をいかにして補完すればよいかということに終始している。これらの補完の手法について整理したものが表-2.21である。表-2.21は配合設計にあたり考慮すべき課題がある場合には、どの評価試験法によって配合を修正すればよいかを示しているが、海外の研究においてもこれらの試験に対する評価基準値としては、推奨値的なものが設定されているにすぎない。

今後のアスファルト混合物の配合設計は、マーシャル安定度試験のような従来法によって基本アスファルト量を設定し、考慮すべき課題がある場合にはそれに対応する試験を行って、最適アスファルト量を決定する方向に進むものと思われるが、評価試験に対する基準値作りが今後の課題となるであろう。なお、膨大なデータをもとに確立されてきたマーシャル配合設計法自体を修正するのは得策でないと思われる。

2-5 アスファルト混合物の評価

2-5-1 アスファルト混合物として要求される性状

アスファルト混合物は舗装体の上部にあり、荷重を適度に分散させ、下層に伝達する役割を担っている。しかし、最上部にあるため交通荷重、気象条件等の影響を直接受けることから、長期間にわたり安全で快適な路面を提供するためには、種々の性状が要求されることになる。さらに交通や気象条件によっては、それらに対応した性状を検討する必要があるが、これらは2-4でも述べたように、設計において総合的に考慮されなければならない。

アスファルト混合物に要求される性状としては、力学性状に関わるもの、環境に対する抵抗として耐久性に関わるもの、表面特性に関わるものなど、表-2.22に示すものがあり、ここではこれらについてまとめることにする。

表-2.22 要求される性状と試験法

要求される性状		試験法
力学的性状	安定性	マーシャル試験、ハーバードフィールド試験、三軸試験、曲げ試験、引張試験、圧縮試験、クリープ試験、ホイールトラッキング試験など
	疲労抵抗性 破断強さ たわみ性 耐流動性	
耐久性	耐候性	促進耐候性試験、はく離試験、各種水浸試験、透水性試験、通気性試験、凍結融解試験など
	耐水性 透水性 通気性	
表面特性	すべり抵抗性 騒音 振動	すべり抵抗性試験、表面粗さ試験など

2-5-2 海外におけるアスファルト混合物の性状評価方法

(1) 力学性状

1) 疲労クラック

アスファルト混合物の疲労破壊はHveemにより指摘されて以来、多くの研究が行われてきた。アスファルト混合物の疲労を評価する試験方法としては、繰返し曲げ、回転片持ち梁による曲げ、円筒試料の圧縮～引張、スラブの車輪走行等の種々の方法が用いられているが、いずれにしても一定の外力を繰返し与えたときの特性値の低下あるいは破壊に至る回数（N）を求めることが目的である。

表-2.21 アスファルト混合物の配合設計の課題と評価試験法

配合設計の課題	評価すべき混合物特性	評価試験方法	参考文献
交通量、交通荷重の増加に対する対応	永久変形に対する抵抗性	ホイールトラッキング試験	39)
		繰返し曲げ試験	39)
		クリープ試験	38)
		ビーム安定度試験	38)
		間接引張試験	40)
		疲労試験	38)
環境要因に対する考慮 (特に温度と水)	疲労抵抗	クリープ試験	38)
		クリープ試験	38)
	高温時、重荷重下での抵抗性	クリープ試験	41)
		クリープ試験	38)
	低温ひびわれ	繰返し荷重試験	38)
		直接引張試験	38)
		割裂引張試験	40)
	耐久性	凍結融解試験	38)
		乾湿繰返し後のスティフネス試験	38)
舗装構成にふさわしい配合設計	スティフネス	クリープ試験	38)
舗装以外への適用に対する配合設計	透水性	繰返し荷重試験	38)
		透水性試験	38)

疲労性状に影響する要因は荷重、環境、混合物に関わるものなどきわめて多くのものがある⁴²⁾。中でも外力の制御方式は重要であり、ひずみ制御と応力制御では異なるNを与える。すなわち、スティフネスが大きくなれば応力制御ではNが大きく、逆にひずみ制御ではNが小さくなる。Pell⁴³⁾はこの現象を応力制御の繰返しでは、クラックが発生すると応力集中によりクラックの先端に応力が増加し、クラックの伝播速度が急に速くなって供試体の完全な破壊に至るが、ひずみ制御の試験では、クラックの発生により応力を減少させ、クラックの伝播速度が遅くなるとし、破壊形態の違いから説明している。

また、試験を行う場合の制御方式の選択方法として、Monismith⁴⁴⁾らは層厚とスティフネスを変化させたとき生じる応力、ひずみの変化の大きさを検討し、厚いアスファルト層（6インチ以上）やスティフネスの大きなきは応力の変化が大きくなることから応力制御が、薄いアスファルト層（2インチ以下）やスティフネスの小さいときにひずみの変化が大きくなることからひずみ制御の結果がそれぞれ適していることを示している。また、Van Dijk⁴⁵⁾はホイールトラッキング試験の載荷回数によるクラックの成長状態の観察と繰返し曲げ試験による結果の比較から、クラック成長後のNに相当するひずみ制御が実際的であるとしている。

室内試験により混合物の疲労特性の評価を行う場合、個々のアスファルト混合物に対して疲労試験を行うことはかなりの時間と労力を要する。そのため、混合物の特性値より疲労寿命を求める方法が開発されてきた。さらに室内の結果から、実際の現場に当てはめたとときの評価を行うために現場条件を考慮した方法も検討されており、現場に対応した補正係数を使用する方法やAASHO道路試験結果を利用する方法など、以下に述べるようなものがある。

Van Dijk⁴⁵⁾は、実際の道路条件をシミュレートしたホイールトラッキング試験の開発を行い、繰返し載荷によるクラックの発生、伝播を検討し、さらに消失エネルギーの概念を使用することにより外力の制御方式の影響の違いをなくした予測式を示している。予測式を実際の現場に適用する場合は、実際に生じる不連続な載荷、ひずみ分布、気温等に適切な係数を使用することにより補正している⁴⁶⁾。

また、AASHO道路試験結果を利用したものとして、Finn⁴⁷⁾は現場におけるひびわれの発生と載荷回数の関係を、室内で行った応力制御の曲げ試験の結果

に対応させることにより、あるひびわれ率になるまでの予測式を与えている。

以上のように室内試験の多くのデータの蓄積により、疲労特性の評価を与える種々の方法が提案されているが、現場における疲労寿命の予測は、現場からのデータが環境による違い等の影響を受けるため、予測することが困難になっている。

2) わだち掘れ

わだち掘れに関する研究は1970年代になり、多くの研究が見られるようになった。わだち掘れの研究にはわだち掘れを防止しようとするものと供用後のわだち掘れ量を推定しようとするものがある。わだち掘れは表層における塑性流動のほか、下層の各層に生じる永久変形の総和として生じると考えられている⁴⁸⁾。海外においては主として後者の研究が多いようである。

各層の永久変形量は主に三軸試験を使用し、繰返し荷重を与えたときの時間または繰返し回数における永久変形量から求められる。一般に永久変形量を与える式は、混合物の特性、応力レベル、温度、載荷時間、載荷速度等をパラメーターとした実験式として求められることが多い。

また、クリープ試験を使用することにより、アスファルト層に生じるわだち掘れを評価したものとしてHills⁴⁹⁾の方法がある。これは、繰返し載荷による永久変形が混合物のクリープに支配されるとして層厚減少を求めるものである。

このように室内試験においては種々の評価が行われているが、現場との対応は、前述の疲労特性と同様にかなり難しい点が多く、さらに研究が必要であろう。

3) 低温クラック

アスファルト混合物は一定のひずみを与えたとき、それによって生じる応力が時間とともに減少する、いわゆる応力緩和という性質を持っている。しかし、温度低下により、応力が緩和しにくくなると応力が残留するようになる。一般に低温クラックは、この残留した応力が混合物の破壊強度を越えたときに生じると考えられている⁵⁰⁾。したがって応力を緩和しやすくしようとする点からは、軟らかい等級のアスファルトの使用などが考えられ、また破壊抵抗性を高めるための方法も試みられている。

一方、実際の現場に生じるひびわれの発生予測については、次のように考えられている。温度の低下によりアスファルト混合物内に生じる応力は、混合物の熱膨張係数、スティフネスを用いて計算され、混合物の

引張強度がわかっていれば破壊の可能性が評価され得る。引張強度は直接引張試験、圧裂試験等の測定によるほか、Heukelomの研究⁵¹⁾によるアスファルトのスティフネスからも推定できる。しかし、引張強度、スティフネスとも時間の要因が大きく影響するため、現場との対応は難しいようである。

(2) 耐久性

アスファルト混合物の耐久性とは水や気象等の環境に対する抵抗性を示すものである。

耐久性を有する混合物はち密で空気や水の浸透性の小さいものが望ましいとされ、浸透性、耐水性、耐候性の評価が行われている。耐久性はアスファルトと骨材の耐久性およびアスファルト混合物の耐久性に分けて考えられることが多く、それぞれにおける耐久性が調査されてきた。しかし、今まで種々の耐久性試験が開発されてきたにもかかわらず、供用性との相関性が明確でないため、今後供用性との関連という面からの検討が必要となるであろう。

(3) 表面特性

アスファルト混合物の表面特性としては、すべり抵抗性、騒音、振動、反射などがある。中でもすべり抵抗性は安全面からも重要な因子であるため、湿潤時の路面のすべり抵抗の研究が広く行われている。

路面のすべりは単にすべり抵抗の測定による評価だけでなく、表面の粗さの把握も重要であり、表面の粗さは図-2.3⁵²⁾に示すようにマクロなものと、ミクロなものに分けて考えられている。

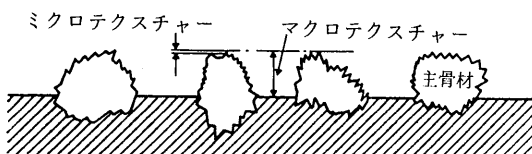


図-2.3 表面のテクスチャー⁵²⁾

表-2.23に従来の研究より得られたすべりに関する基本的な特性と配合設計での対策を示す。また、表-2.24⁵³⁾に表面のタイプによる種々の特性の概略を示した。

表面特性の研究をまとめたものとしてOECDの報告⁵³⁾があり、すべり抵抗性を回復させる補修方法の検討も示されている。しかし、要求されるすべり抵抗は舗装の種類、交通量、環境などにより異なるため、適正な管理水準により維持される必要があろう。

2-5-3 日本における現状と今後の課題

アスファルト混合物の性状評価、研究については、

わが国においても精力的な研究により、1970年代前半までに力学的な基礎性状の把握がなされてきた⁵⁴⁾。同時に時代とともに変化する要求に応じた研究や材料の開発も行われ、それにとまなう評価方法の検討もなされてきた。例えばわだち掘れに対して材料面からの検討のほか、ホイールトラッキング試験による評価方法の確立も行われてきた。また耐摩耗ではラベリング試験やスパイクタイヤによるシミュレート試験などの検討も行われてきた。これらの評価方法に加え、今後も供用性状と関連付けることができ、しかもより簡単な評価方法の研究および開発が必要となるであろう。

また近年では、過去における種々の評価および研究の集積として、計画、材料、設計、施工、維持修繕等すべてを対象としたシステムで考えられるようになってきている。その中でアスファルト混合物の評価も重要なサブシステムを構成しており、構造設計および残存寿命の評価、供用性の予測などに連なるものである。今後はそれらの確立のため、日本の気象および交通に応じた独自の技術展開が期待される。

表-2.23 すべり抵抗の特性と対策

すべり抵抗の基本的特性	配合設計での対策
・すべり抵抗は、湿潤面で著しく低下する。 ・すべり抵抗は、速度の増加により減少する。 ・すべり抵抗は、供用時間とともに低下する。	・適度に粗い表面を持つようにする。 ・アスファルトのフラッシュを防ぐ。 ・摩耗しにくい骨材を使用する。

表-2.24 表面のタイプによる特性

表面のタイプ	すべり抵抗		騒音	反射		水はね
	低速	高速		乾	湿	
普通のアスファルト混合物	4	2	4	2	1	1
チッピングのあるアスファルト混合物	4	4	2	2 or 4	3	2
透水タイプのアスファルト混合物	4	4	4	2	4	4
表面の細かいタイプ	3	1	4	2	1	1
粗い表面処理	4	4	2	2	3	3
細かい表面処理	4	4	3	2	3	1

* 4：良い～1：悪い

2-6 まとめ

日本における舗装用の材料の品質規格、アスファルト混合物の配合設計方法および評価方法は、海外技術の導入を図りながら日本の条件に合致するように修正、検討され、独自の発展を遂げてきた。これらの成果はアスファルト舗装要綱、JISなどに続々と取り入れられ、舗装技術の発展に寄与してきたと考えられる。しかし、すでに述べてきたように、解決されていない問題点および将来に向けての課題が数多く残されている。

る。そのため、今後も引続き新しい試験の導入、開発に関する検討および基準値の選定に関する研究などを積極的に行っていく必要があるであろう。

文責 勝又 雄弥
久下 晴巳
小林 孝行
雑賀 義夫
吉村 啓之

— 参考文献 —

- 1) 需要開発委員会；品質・規格・試験，アスファルト No.100, p.27~31, 1975
- 2) 荒井孝雄；粘度分類によるアスファルトの規格について，アスファルト No.109, p.6~14, 1965
- 3) J.A.Epps, J.W.Button and B.M.Gallaway; "Paving with Asphalt Cements Produced in the 1980's", NCHRP Report 269, 1983
- 4) 伊藤正秀・寺田剛；舗装用ストレートアスファルトの性状調査，土木技術資料，Vol.29, No.3, p.21~26, 1987
- 5) 太田健二；改質アスファルトの特性（その1），アスファルト No.118, p.17~25, 1979
- 6) 木村木；ゴムアスファルトについて，アスファルト No.46, p.10~13, 1965
- 7) 金野諒二；ゴム入りアスファルト，アスファルト No.129, p.22~25, 1981
- 8) C.N.King, H.W.Muncy and J.B.Prudhomme; "Polymer Modification: Binder's Effect on Mix Properties", AAPT Vol.55, p.519~540, 1986
- 9) C.I.Krom and F.M.Dorman; World Petroleum Congress Proc. 6th., 1963
- 10) J.Y.Welborn; "A Study of Viscosity Graded Asphalt Cements", PUBLIC ROAD, 34(2), 1966
- 11) 重交通道路の舗装用アスファルト「セミブローンアスファルト」の開発，日本アスファルト協会，1984
- 12) PIARC, XVIIth World Road Congress; "Modified Binder and Various Additives", PIARC, Sydney, 1983
- 13) G.J.Kennepohl, D.C.Beam, L.J.Miller and R.C.G.Hass; "A Summary of Sulphur-asphalt Design Technology", 5th ICSDAP, p.864~877, 1982
- 14) R.C.G.Hass, E.Thompson, F.Meyer and G.R.Tessier; "The Role of Additives in Asphalt Paving Technology", AAPT Vol.52, p.324~345, 1983
- 15) R.L.Terrel and J.L.Walter; "Modified Asphalt Pavement Materials-The European Experience", AAPT Vol.55, p.482~518, 1986
- 16) 飯島尚・小島逸平・坂本浩行・寺島憲一；改質アスファルトの開発に関する検討，土木技術資料，Vol.26, No.4, p.3~8, 1984
- 17) 通商産業大臣官房調査統計部編；「碎石統計年報（昭和61年）」，昭和62年6月
- 18) C.R.Marek, M.Herrin, C.E.Kesler and E.I.Barenberg; "Promising Replacements for Conventional Aggregates for Highway Use", NCHRP Report 135, 1972
- 19) Annual Book of ASTM Standards, 1958, 1985
- 20) Standards Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, AASHTO, 1982
- 21) 日本道路公団；「設計要領第一集」，昭和58年4月
- 22) M.W.Witczak; "Relationships Between Physiographic Units and Highway Design Factors", NCHRP Report 132, 1972
- 23) P.D.Cady, P.R.Blankenhorn, D.E.Kline and D.A.Anderson; "Upgrading of Low-quality Aggregates for PCC and Bituminous Pavements", NCHRP Report 207, 1979
- 24) F.P.Jr.Nichols; "Meaningful Specifications for Bituminous Paving Aggregate", AAPT Vol.52, p.345~356, 1983
- 25) D.G.Tunnichliff and R.E.Root; "Use of Antistriping Additives in Asphaltic Concrete Mixtures", NCHRP Report 274, 1984

- 26) 南雲貞夫・谷本誠一；アスファルト混合物のはく離の実態と対策，舗装，Vol.9, No.6, p.3～9, 1974
- 27) D.G.Tunnick and R.E.Root; "Antistripping Additives in Asphalt Concrete-State-of-the-Art 1981", AAPT Vol.51, p.265～293, 1982
- 28) D.A.Anderson, E.L.Dukatz and J.C.Petersen; "The Effect of Antistrip Additives on the Properties of Asphalt Cement", AAPT Vol.51, p.298～317, 1982
- 29) PIARC,XVIIth World Road Congress, Technical Committee Report, PIARC, Sydney, 1983
- 30) J.V.Til, B.J.Carr, B.A.Vallerga and J.M.Hilliard; "Guidelines for Skid-Resistant Highway Pavement Surfaces", NCHRP Research Results Digest 89, 1976
- 31) 藤田栄三・江口光昭；表層用粗骨材の研磨特性，日本道路公団試験所報告，昭和52年度，p.241～248
- 32) 南雲貞夫・小島逸平・内川彬；路面のすべりを考慮した骨材の選定，土木技術資料，Vol.13, No.10, p.22～29, 1971
- 33) アスファルト舗装小委員会；アスファルト舗装要綱の改訂，道路，1968年3月
- 34) 南雲貞夫・瀬戸薫・山下弘美・佐鳥悦久；マーシャル安定度試験，道路舗装に関する試験法，山海堂
- 35) P.S.Kandhal, W.S.Koehler; "Marshall Mix Design Method:Current Practices", AAPT Vol.54, p.284～303, 1985
- 36) Pavement Management Guide, Road and Transportation Association of Canada, 1977
- 37) Asphaltbeton and Sandasphalt, Technische Vorschriften und Richtlinien für den Bau Bituminöser Fahrbahndecken, TV bit 3, 1972
- 38) C.L.Monismith, J.A.Epps and F.N.Finn; "Improved Asphalt Mix Design", AAPT Vol.54, p.347～406, 1985
- 39) J.Uzan; "An Evaluation Scheme for Conventional Requirements of Design and Construction Quality for Asphalt Concrete", AAPT Vol.51, p.129～149, 1982
- 40) D.N.Little and B.L.Richey; "A Mixture Design Procedure Based on Failure Envelope Concept", AAPT Vol.52, p.378～415, 1983
- 41) F.N.Finn, C.L.Monismith, N.J.Markevich; "Pavement Performance and Asphalt Concrete Mix Design", AAPT Vol.52, p.121～150, 1983
- 42) J.A.Epps and C.L.Monismith "Fatigue of Asphalt Concrete Mixtures - Summary of Existing Information", ASTM STP 508, p.19～45, 1972
- 43) P.S.Pell; "Fatigue of Asphalt Pavement Mixes", 2th ICSDAP, p.577～593, 1967
- 44) C.L.Monismith and Y.M. Salam; "Distress Characteristics of Asphalt Concrete Mixes", AAPT Vol.42, p.320～350, 1973
- 45) W.Van Dijk; "Practical Fatigue Characterization of Bituminous Mixes", AAPT Vol.44, p.38～74, 1975
- 46) W.Van Dijk and W.Visser; "The Energy Approach to Fatigue for Pavement Design", AAPT Vol.46, p.1～37, 1977
- 47) F.Finn, C.Saraf, R.Kulkarni, K.Nair, W.Smith and A.Abdullah; "The Use of Distress Prediction Subsystems for the Design of Pavement Structures", 4th ICSDAP, p.3～38, 1977
- 48) C.L.Monismith; "Rutting Prediction in Asphalt Concrete Pavements", TRR No.616, p.2～8, 1976
- 49) J.F.Hills, D.Brien and P.J.van de Loo; "The Correlation of Rutting and Creep Tests on Asphalt Mixes", Journal of the Institute of Petroleum, Paper IP 74-001, 1974
- 50) J.F.Hills and D.Brien; "The Fracture of Bitumens and Asphalt Mixes by Temperature Induced Stress", AAPT Vol.35, p.292～303, 1966
- 51) W.Heukelom; "Observations on the Rheology and Fracture of Bitumens and Asphalt Mixes", AAPT Vol.35, p.358～399, 1966
- 52) OECD, ROAD RESEARCH ; "Maintenance Techniques for Road Surfacing", 1978
- 53) OECD, ROAD RESEARCH ; "Road Surface Characteristics", 1984
- 54) 菅原照雄；アスファルト混合物の力学性状について，土木学会論文報告集 No.207, p.73～81, 1972

3 章 施 工

3-1 概説

わが国の施工技術は、欧米先進諸国の影響を強く受けながら変遷してきたと考えられる。しかし、その変遷は単なる模倣の歴史ではなく、わが国の状況に応じた改良および実用化の歴史と言える。現在では、わが国の技術も既に高いレベルに到達しているほか、多様化するニーズに対応するために、独自の技術開発が求められている。また、国際的に見ても、これからはわが国が諸外国の技術発展に貢献しなければならない時期にきており、その責務は大きいと言える。

本章では、これらを踏まえて、

- ① 機械化施行への道程（明治～昭和20年代）
- ② 舗装工事の大型化（昭和30年以降）
- ③ 修繕工法の展開（昭和40年以降）
- ④ 海外の施工技術の現状と新しい動き
- ⑤ 施工技術の今後の展望

の項目に分けて施工技術について述べる。

なお、本論に先立ち、「アスファルト舗装技術の変遷」を表-3.1に、「施工機械の変遷」を表-3.2に、「修繕工法の変遷」を表-3.3に、各々年表として整理して示す。

3-2 機械化施工への道程（明治～昭和20年代）

わが国の施工技術の変遷は、「日本道路史」〔(社)日本道路協会〕等に詳述されているが、現在の舗装技術がどのように確立されてきたかを知るため、この項では明治～昭和20年代末までの施工技術の変遷を略記する。

(1) 洋式道路の始まり（明治時代）

文明開化後、わが国でも洋式道路の築造が開始された。しかし、本格的なアスファルト舗装が登場するのは明治40年代に入ってからのもので、それまでの舗装は、洋式馬車を対象とした砂利道、碎石道の整備・改良が主体であった。また、その施工は、人力で割栗石を敷き詰め、その上に碎石を撒きローラで転圧するような、すべて手作業によるものであった。当時使用されたローラには、石造ローラ（石摺）、鉄製ローラ（鉄

摺）および水詰鉄製ローラなどがある。

明治11年に、秋田の天然アスファルト（土瀝青）を使用して神田昌平橋で実施された橋面舗装が、わが国でのアスファルト舗装の始まりと言われている。その施工は、俵で送られてきた土瀝青を溶解して、そのまま橋面に流すといった、ごく初歩的なものであったと思われる。明治40年代に入ると池の防水、工場床などにアスファルトの利用が増え始めるが、明治41年からは、軍の馬房舗装にアスファルトが用いられるようになり、明治43年までに述べ4万坪（132,000㎡）が、更に大正2年までに5万余坪（165,000㎡）が施工されるに至った。

馬房舗装の断面は、厚さ10cmのセメントコンクリートの上に12mmのアスファルトモルタルをのせたものとされている。その施工は、当時販売されていたアスファルトには砂や石粉が調合されていたことから、現場でこれを溶解し、敷ならしたものである。

(2) 機械化施工の始まり（大正時代）

明治40年には25台であったわが国の自動車保有台数も、明治45年（大正元年）には約580台、大正15年（昭和元年）には約58,700台と急増していく。このような自動車の普及は、必然的に道路の改良を促し、大正時代には舗装技術が急速に進歩した。参考までに、自動車保有台数と、アスファルト使用量の関係を、資料にもとづき図-3.1に示す²⁾⁶⁾⁷⁾。

明治も末の44年から大正3年にかけて、東京市において木塊舗装、シートアスファルト舗装、アスファルト舗装の試験舗装が実施された。これらの舗装は、自動車交通を対象とした近代舗装の先駆けとされており、その施工には、英国から導入したスチームエンジン搭載の6 ton タンデム型ローラが使用されたが、当時の欧米の舗装技術もいまだ未発達であり、「四角な釜を並べて、骨材を乾燥させ、アスファルトを溶かして、鉄板の上で手練りで混合物をつくり、箱付き荷車で現場に運び、スコップで並べ、レーキで敷均し、焼ゴテで仕上げる」のが通常的な方法であった。

大正8年の道路法制定後、大都市を中心に幹線道

表-3.1 アスファルト舗装技術の変遷

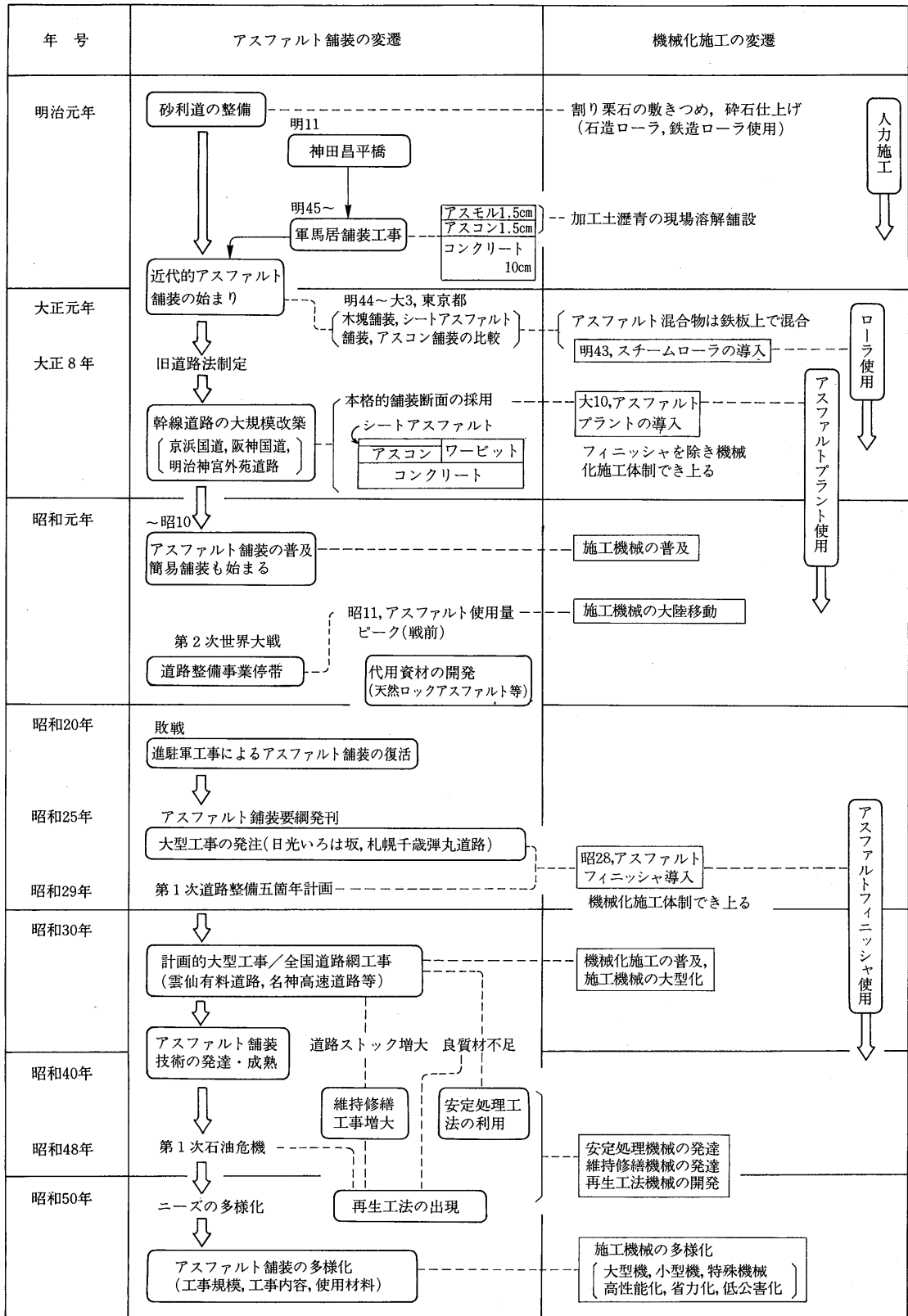


表-3.2 施工機械の変遷

時 代	路床・路盤安定処理	転 圧 機	ア ス フ ァ ル ト 舗 装		米国を中心とした諸外国の 関連事項
			敷ならし機械	アスファルトプラント	
明治 6 1873		石搗（石造ローラ） 使用			
18 1885		鉄搗（鉄製大ローラ 使用）			
28 1895		スチームローラ導入			1859年マカダム（3軸）ス チームローラ開発（仏）
43 1910		6 ton タンデム型ス チームローラ輸入			
大正 8 1919		これ以降各種ローラ 輸入（タンデム、マ カダム、スチーム型 石油内燃型）			1875年タンデム型スチーム ローラ開発（米） 1908年石油内燃型ローラが 用いられる（米）
10 1921				ポータブル型ブラン ト輸入(12ton/h)	1890年シートアスファルト プラント開発（米）
11 1922	被牽引グレーダ（土 掻機）輸入			定位置型プラント輸 入(25ton/h)	1908年牽引式グレーダ登場 （米）
昭和 10 1935				ポータブル型ブラン ト国産化 （2～5 ton）	1901年現プラントの原型、 バグミル、バッチ式ブラン ト製造（米）
12 1937	この頃より路盤の安 定処理開始				
25 1950	アス要綱に粒度改良 による安定処理が示 される	マカダムローラは、 重量10ton が標準化 される			
28 1953		被牽引式 7 ton タイ ヤローラ使用	スプレッダ輸入 フィニッシャ輸入		1924年スプレッダが使用 される（米） 1930年頃本格的なフィニ ッシャが使用される（米）
29 1954		1.6ton ソイルコンパ クター輸入			1932年クローラタイプ、タ ンピングおよびフローティ ングスクリード開発（米）
30 1955	ロードミキサー開発				1910年頃ドラムミキサー採用 （米）
31 1956		2 ton 振動ローラ輸 入	フィニッシャ国産化	連続式プラント輸入 （40ton/h）	1938年頃連続式プラント開 発（米） 1953年 250tph 連続式プラ ント登場（米）
32 1957	被牽引式ロードスタ ビライザ国産化 セメント安定処理路 盤採用	0.5～2.5ton振動ロ ーラ国産化 自走式10ton タイヤ ローラ試作		バッチ式プラント輸 入（15～20ton/h）	1930年代現型と同様のモー タグレーダ登場（米） 1950年代タイヤローラ使用 （米）
33 1958	自走式ロードスタビ ライザ輸入	3軸タンデムローラ 製作 25ton タイヤローラ 輸入			1939年頃 3 軸ローラ使用 （米）
34 1959				バッチ式プラント輸 入(60ton) 以降自動 化進む	1930年代後半プラントの自 動記録、自動化、サイクロ ンコレクター装着（米）

表-3.2 施工機械の変遷

時 代	路床・路盤安定処理	転 圧 機	ア ス フ ァ ル ト 舗 装		米国を中心とした諸外国の 関連事項
			敷ならし機械	アスファルトプラント	
昭和 35 1960	100ton/h ロータリ ードラムミキサー開 発 アグリゲータスプレ ッター試用	以降10ton マカダム +15ton タイヤが一 般化	フィニッシャによる 本格施工		
37 1962	アスファルト安定処 理路盤採用				
38 1963			大型フィニッシャ 国産開始 (幅員3～ 4.8 m)		
39 1964		全輪駆動8ton タン DEMローラ製作			
41 1956	ベースペーパー開発	油圧式マカダムロー ラ開発	タンバ+バイブレー タスクリッド試用		1961年油圧駆動ローラ登場 (米)
42 1967		全輪油圧駆動マカダ ム	ホットジョイント施 工	大型バッチ式プラ ント輸入 (120ton)	1960年代後半2車線同時施 工可能フィニッシャー登場 (米)
45 1970	この頃からシックリ フト工法が試みられ る	3～4ton 振動ロー ラ開発 8ton タイヤローラ 開発 9ton 鉄輪、タイヤ コンバインドローラ 開発		バグフィルター装着 等公害対策向上	
46 1971		6～15ton 大型振動 ローラ輸入			
47 1972			小型フィニッシャの 改良進む		
48 1973	この頃から路床の安 定処理が始まる	10, 15ton 大型振動 ローラ国産			
52 1977	再生スタビ開発			超大型バッチ式プラ ント輸入 (240ton)	1940年代コールドリサイク リング開始 (米)
54 1979			エキステンションス クリッド開発		1973年17.9ton /バッチの プラント登場 (米)

路の大規模な改築が始まり、アスファルトプラントをはじめ、ローラ等の利用が本格化し、機械化施工が始まった。当時のアスファルトプラントを写真-3.1に、施工状況を写真-3.2に示す。また、京浜国道、阪神国道、明治神宮外苑道路工事に使用された施工機械を表-3.4に整理して示す。

(3) 機械化施工の普及 (昭和初期～戦中)

大正時代後期に本格的な機械化施工が始まるが、その後戦前まで施工技術の大きな変化は見られない。むしろ、この時期はアスファルト舗装の普及と機械化施工の浸透に重点が移っている。

また、昭和10年頃までのアスファルト舗装の施工方

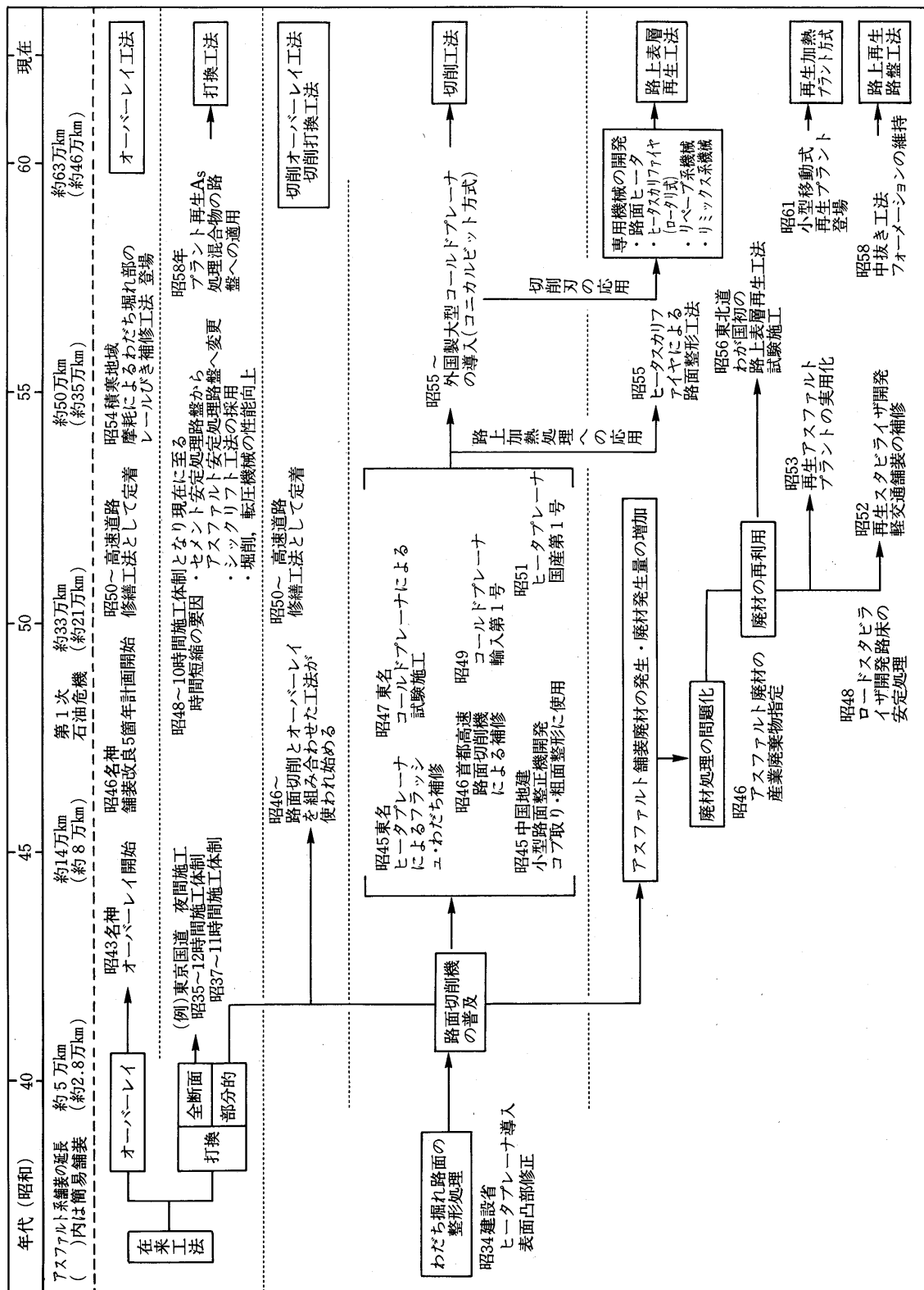
法は、大正時代と大差がなく、むしろ路床・路盤を経済的に構築するための施工技術の開発に力が注がれていた。

その後、時代は急速に戦時体制に向かい、昭和11年のアスファルト年間使用量13万 ton をピークとして、国内での舗装工事は停滞してしまい、外地での軍関係の工事が急増していった。こうした中であって、国内では代用資材の活用や代替工法の開発がなされた。

(4) 機械化施工の本格化 (昭和20年代)

昭和20年8月、わが国の敗戦により第2次世界大戦が終結したが、戦前から道路整備事業は停滞しており、また、国力を消耗しきっての敗戦であったため、直ち

表-3.3 修繕工法の変遷



年	自動車保有台数 (台)	アスファルト使用量 (ton)
1906 (明39)	21	386*
1910 (43)	205	2,979*
1915 (大 4)	1,244	2,281*
1920 (9)	12,116	9,853*
1925 (14)	30,215	16,557*
1930 (昭 5)	106,604	39,271*
1935 (10)	176,252	91,239*
1940 (15)	217,219	88,058*
1945 (20)	144,351	11,095*
1950 (25)	413,732	62,991
1955 (30)	1,501,740	166,865
1960 (35)	3,403,768	437,106
1965 (40)	8,123,096	1,357,911
1970 (45)	18,919,020	3,356,560
1982 (57)	42,687,435	4,545,223

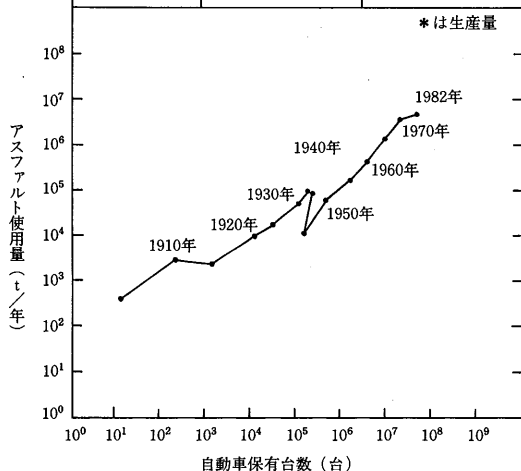


図-3.1 自動車保有台数とアスファルト使用量の関係 (文献²⁾⁶⁾⁷⁾による)

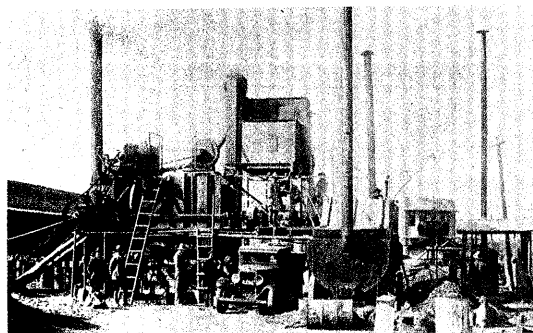


写真-3.1 機械化施工が始まった当時のアスファルトプラント

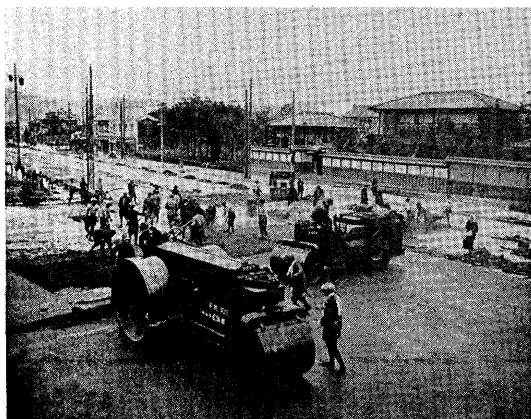


写真-3.2 機械化施工が始まった当時の施工状況

表-3.4 大正時代の代表的舗装工事に使用された施工機械³⁾

工 事	表 層 タ イ プ	アスファルトプラント	ロードローラ
京浜国道	アスファルトコンクリート (表面シーラコート処理)	8 ton/h : 1 基	(ガソリンエンジン) 12ton マカダム : 1 台 4.5ton タンデム : 1 台 (スチームエンジン) 10ton マカダム : 3 台 8ton タンデム : 2 台
阪神国道	ワービット舗装	800ヤード(10ton/h) : 1 基 1200ヤード(15ton/h) : 1 基 2000ヤード(25ton/h) : 1 基	8~12ton : 12台
明治神宮 外苑道路	ワービット舗装	1250ヤード(15ton/h) : 1 基	8~12ton : 4 台

に道路整備事業が復活するということもなかった。

こうした中、進駐軍工事が始まり、荒廃しきった道路の改修が始められた。工事量からすればわが国の道

路のごく一部でのことではあったが、道路先進国の機械化施工技術が直接公開されたわけで、わが国における本格的機械化施工の布石となった。

ちなみに、昭和20年に道路業界復興発展のために「日本道路建設業協会」が創立、また、昭和22年には道路技術向上のために「日本道路協会」が設立されている。日本道路協会から昭和25年に発行された「アスファルト舗装要綱」は、AIの技術に依存しているとはいえ、後のアスファルト舗装の礎となるもので、本格的なアスファルト舗装の原点となった。

時を同じくして、朝鮮動乱にともなう米軍関係の大型工事が大量発注された。これは、わが国の施工業者が厳しい仕様を満足する施工を開始し、欧米と水準の出来形確保の工事を行い得たということで重要といえよう。

また、国道等の大型工事の発注も始まり、米軍貸与の施工機械や戦前の機械を寄せ集め、改造するなどして施工業者は総力をあげて対応していた。その後、昭和28年にアスファルトフィニッシャーが導入され、アスファルト混合物の製造から舗設、転圧までの一連の機械化施工体制が整えられた。

3-3 舗装工事の大型化（昭和30年以降）⁸⁾¹¹⁾

戦後10年を経た昭和30年代、日本経済は急激に成長を始め、昭和48年の第一次石油危機までの、いわゆる「高度成長期」を迎える。

もちろん、この期間は経済の成長にともない、道路整備も飛躍的に進んだ、いわば「道路高度成長期」でもあり、舗装工事が大型化すると同時に、施工技術が大きく進歩し現在の施工体制がほぼ確立した時期でもある。

昭和29年には第1次道路整備5箇年計画がスタートするが、これまで主流だったコンクリート舗装に代わってアスファルト舗装が多く採用されるようになった。特に、昭和33年からスタートした第2次道路整備5箇年計画では、アスファルト舗装を採用することを基本としたために、それ以降の舗装では、アスファルト舗装の占める割合が急激に増加していった。なお、時を同じくして昭和32年に「日本アスファルト協会」が設立された。

ここでは、主に大型舗装工事に対応するためにとられた施工技術について、路盤の施工と表・基層の施工とに分けて、昭和30年以降現在までの変遷を述べる。

3-3-1 新しい路盤工法とその施工技術

舗装工事の大型化は、強固な路盤の構築と、これに使用する材料の均質大量安定供給を必要とした。この対応としては、材料の品質を高めて使用する、いわゆる

安定処理工法が一般化した。また、施工面では、新しい大型機械が続々と導入され、施工能力の向上が図られた。

ここでは、現在主流となっている路盤工法として、

① 粒度調整工法（機械的な安定処理工法）

② セメント安定処理工法

③ 加熱式アスファルト安定処理工法

の3方式を取り上げ、その施工技術の変遷を述べる。

なお、良質骨材の経済的入手が困難となっていた昭和40年代には、上記の他各種の路盤工法が実用化され、資源の活用が図られた。また、堀削残土の処理問題の解決および現地発生材の有効利用の両面から、路床の安定処理も急速に実用化され、今日に至っている。

これらのうち、石灰安定処理工法はセメント安定処理工法と、また、スラグを用いたものは粒度調整工法と同様に施工されている。

(1) 粒度調整工法

粒度調整工法は、現在では通常安定処理工法としては取扱われていないが、所定の性状が得られない粒度の材料に、骨材等を補足して粒度を改善するもので、元来機械的な安定処理として位置付けられていた。また、当該工法は、既に昭和25年版「アスファルト舗装要綱」に取上げられているものであったが、昭和35年に着工された名神高速道路で大々的に採用された。名神高速道路では、下層路盤および上層路盤に粒度調整工法が採用され、混合方式としては、混合性および経済性を考慮して、定置式プラント方式が使用された。

使用されたプラントは、主として混合能力が100~150 ton/hの連続混合方式バグミルミキサタイプのもので、一部では、わが国初のロータリードラムミキサタイプ（連続混合方式）も使用された。

施工には、アグリゲートスプレッドが採用され、平坦性確保の補助として、モータグレーダが併用された。

その後、一般の工事では路盤材等の敷ならしにはモータグレーダが使用されている一方、大型工事では省力化をはかるためにベースペーバが使用され、後述するセメント安定処理工法も含め、その施工能力は飛躍的に増大した。

(2) セメント安定処理工法

セメント安定処理工法は、戦前、経済的な工法の一つとして検討が行われていたが、建設省土木研究所が行った「路床・路盤の安定処理工法に関する研究」にもとづき、昭和32年国道4号線幸手バイパスで初めて本格的に実施された。その後、有効性および経済性が

認められて安定処理工法の主軸をなすようになり、幸手バイパスに続き阪奈道路、そして、昭和35年に名神高速道路で採用されるに至った。

名神高速道路では、経済性を考慮して、下層路盤、上層路盤の両方にセメント安定処理工法を適用するよう計画されていたが、表層までのリフレクシオンクラックが懸念されたため、下層路盤に限定して実施された。

施工は、路上混合方式により行われたが、欠陥となりやすい縦目地は設けないように全幅施工を原則として、3台の大型ロードスタビライザが用いられた。また、転圧には15ton タイヤローラを用い、片線100~120mを1ブロックとして施工がなされた。なお、施工能力は100~150ton/hであった。

セメント安定処理工法は、昭和36年版「アスファルト舗装要綱」に採用されたこともあって、ロードスタビライザの普及とともに、昭和30年代の主役を演ずることになった。

しかし、昭和36年版「アスファルト舗装要綱」では、基層5cmと上層路盤15cmはセメント安定処理層15cmで代用できると示していたり、この場合の細部の規定が不明確であったこと等により、セメント安定処理層をもつアスファルト舗装の大半に、供用後5年程度でクラックが発生する事態となった。その対策の1つとして、昭和42年版「アスファルト舗装要綱」では、セメント安定処理層の最小厚さ15cm、その上のアスコンの最小厚さ10cmと提示している。

このほか、40年代半ばから下層路盤もセメント安定処理路盤の対象とするようになり、50年版以降の「アスファルト舗装要綱」に取上げられた。

なお、セメント安定処理路盤の施工は、当初ロードスタビライザによる路上混合方式が主流であったが、次第に定置式プラントによる中央混合式が増え、現在では、上層路盤に当該工法を用いる場合、ほとんどが中央混合方式によっている。

(3) 加熱式アスファルト安定処理工法

昭和36年頃から、ドイツ等で実施されていた加熱混合方式によるアスファルト安定処理が検討され、昭和37年に着工された名四国道で実施された。

また、AASHO道路試験の結果、アスファルト安定処理の相対強度が大きいことが確認されたこと、およびクラックが発生しにくいなどの面から、セメント安定処理に比べて上層路盤に適すると判断されたことから、その後、42年版「アスファルト舗装要綱」に取

上げられた。このため、セメント安定処理に代わる上層路盤の安定処理工法として全国に広まり、昭和42年に着工された東名高速道路においても採用されるに至った。

加熱式アスファルト安定処理工法の施工は、基本的には表・基層のアスファルト混合物の施工に準ずるので、ここでは詳述を避ける。なお、異なる点として仕上り厚さが上げられる。つまり、通常表層の一層施工厚さが3~5cm、基層の一層施工厚さが4~7cmであるのに対して、加熱式アスファルト安定処理工法では10cm以上の厚さを一層で仕上げるシックリフト工法がとられることがある。この場合、敷ならしには、アスファルトフィニッシャに代えてモータグレーダなどが使用されることが多い。

3-3-2 アスファルト表・基層の施工技術

前述したように、アスファルト舗装の工事が本格的に増大したのは、昭和33年以降、建設省の直轄工事に採用されてからである。

昭和35年頃までは、表層にも粗粒度アスコンを使用し、シーラートを施すのが一般的であった。しかし、当時の施工技術では、シーラートの散布量の不均一が避けられず、これに起因するフラッシュ等の問題が生じていた。このため、表層への粗粒度アスコンの適用が減少し、名神高速道路で、表層に密粒度タイプのアスファルト混合物、基層に粗粒度アスファルト混合物が採用されたのを契機に、以降この形式が定着し現在に至っている。

また、昭和30年以降、アスファルト舗装工事が増大したことにより、アスファルトプラントおよび施工機械の進歩も飛躍的なものとなった。

ここでは、アスファルト混合物の製造、敷均し、および締固めに分けて、施工技術の変遷を述べる。

(1) アスファルト混合物の製造

それまでのアスファルトプラントは、10ton/h級のものが主流であったが、昭和31年には40ton/hの連続混合式プラントが輸入され、翌年小浜~雲仙有料道路舗装工事に使用された。なお、同時期、米軍関係の工事では、米軍払い下げではあるが、既に150ton/hの連続混合式アスファルトプラントが使用されていた。

その後、昭和34年にバッチ混合式60ton/hのアスファルトプラントが輸入され、翌年名神高速道路の舗装工事に使用された。この結果、材料の自動計量、加熱温度の自動調節、印字式重量記録装置が採用されたこともあり、アスファルト混合物の製造・品質管理に関す

る技術が著しく向上した。

また、これらの状況ならびに後述するアスファルトフィニッシャの大型化やアスファルト安定処理工法の定着にともない、さらに大きな供給能力が要求され、アスファルトプラントの大型化が進んだ。

ちなみに、昭和42年に東名高速道路の舗装工事では、150ton/hのアスファルトプラント1基、60ton/hのアスファルトプラント2基が組合わされ、270ton/hアスファルト混合物が製造された。

また、40年代後半になると、混合能力の大型化、精度の向上はもちろんのこと、公害防止対策がさらに要求されたことにより、バグフィルタが導入されるなど、アスファルトプラントの無公害化が一層向上し現在に至っている。

なお、道路建設業協会の資料¹²⁾によれば、昭和59年度におけるわが国のアスファルトプラントの総数は約1,740基で年間約6,600万tonの混合物を製造している。また、アスファルトプラントの製造能力別専有率を、同じ資料にもとづき図化して、図-3.2に示す。

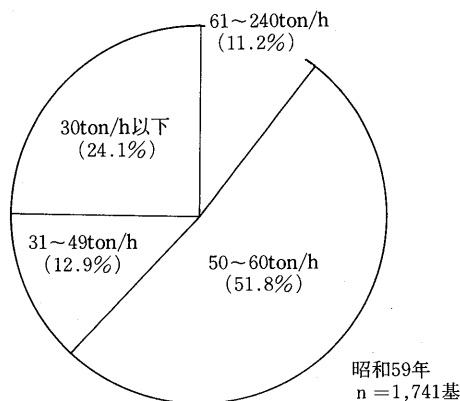


図-3.2 アスファルトプラントの製造能力別占有率
(文献¹²⁾にもとづき図化)

(2) 敷ならし

アスファルト混合物敷ならしの機械化施工は、昭和28年に札幌~千歳間道路舗装工事でアスファルトスプレッダが使用されたのが最初で、アスファルト混合物製造や締固めに比べて、その機械化は遅いものであった。また、同年アスファルトフィニッシャが輸入され、国道41号名古屋~富山線舗装工事等で使用された。

その後、昭和35年名神高速道路の舗装工事ではアスファルトフィニッシャにより、60~100ton/hの混合物を敷ならし、施工能力、平坦性等の面で大型工事を施

工するのに十分能力があるとの評価が得られた。

昭和38年には自動スクリード調整装置、およびスクリードに供給する混合物量を一定に保つための電磁クラッチを用いたバーフィーダが導入され、以後普及するに至った。

昭和42年には、タンパとバイブレータを組合わせたスクリードユニットが試用され、その効果が確認されている。

また、同じ年に施工された東名高速道路の舗装工事では、アスファルトフィニッシャ3台を並列運転し、270ton/hの混合物を敷ならし、ホットジョイントの有効性が示された。

その後も、全油圧駆動、比例制御によるスクリードの自動調整、バーフィーダの無段変速と自動調整等の技術が導入され、アスファルトフィニッシャによる連続施工の有意性が示され、わが国の大型工事では、超大型のアスファルトフィニッシャが一般化されていた。超大型のアスファルトフィニッシャによる施工状況を、写真-3.3に示す。

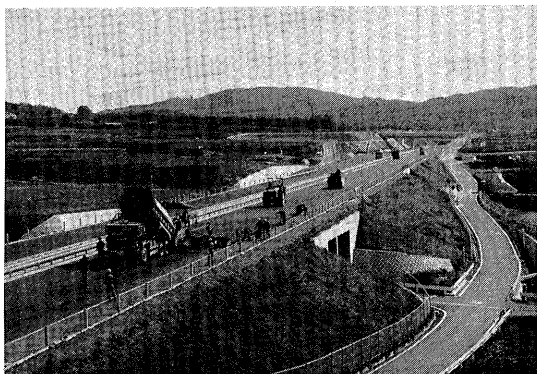


写真-3.3 大型舗装工事の例

これに対して、昭和40年代後半から農道、市町村道等の狭幅員道路での舗装工事が増加し、小型フィニッシャの改良が行われた。また、省力化を目的に、スクリードエキステンションの自動伸縮装置の開発が行われるなど、様々な改良が進められ現在に至っている。

なお、昭和59年度の舗装事業者が保有するアスファルトフィニッシャの台数は1,590台とされるが¹²⁾そのほかにリース業者等が保有するものもある。また、最近では現場内での移動性の要求が高いためか、ホイール式のものが増加する傾向にある。

(3) 締固め

表・基層における転圧には、昭和35年名神高速道路の舗装工事で自走式タイヤローラが使用されたほか、仕上げに3軸タンデムローラが使用され始めた。

これ以降、通常の舗装の転圧では、10tonのマカダムローラと15tonのタイヤローラの組み合わせが一般的となった。

このほか、昭和31年に振動ローラ(2 ton)が輸入され、振動による締固めの有効性が確認されて、大型締固め機の補助として用いられるようになった。また、ハンドガイド式振動ローラ(300~900kg)や3~4 tonのコンバインドローラが、小規模舗装の転圧や大型工事の補助機として使用されるようになった。

なお、昭和61年度末のわが国におけるローラの保有台数は、およそロードローラが10,000台、タイヤローラが15,000台、振動ローラが25,000台と推測されている。ただし、振動ローラの中には小型、軽量のものが含まれており、重量比ではタイヤローラの占める割合が高いとされている¹³⁾。

3-4 修繕工法の展開(昭和40年代以降)

昭和40年代末以降のわが国の経済は、昭和48年の第一次石油危機を境に、それまでの高度成長期から安定成長期(あるいは低成長期)へと移行していった。

一方、昭和40年代末以降の舗装に目を向けると、道路ストックが増大したことにより、維持修繕の対象となる路線延長が増大した。また、物資の輸送においてトラック輸送の占める割合が大きくなり、道路交通が質・量ともに増大し、流動によるわだち掘れが増大するなど舗装の破壊形態に変化が生じてきた。

さらに、昭和46年にアスファルトコンクリート廃材が産業廃棄物に指定され、処分場の確保が困難になったこと、良質な天然骨材が不足してきたこと、および石油危機の経験から、省資源が叫ばれたことにより、資源の再生利用が脚光を浴びるようになった。また、舗装の修繕工法においても、打換えやオーバーレイといった在来工法に加えて、切削オーバーレイ、再生工法など、この時代を反映した工法が普及し、今日に至っている。

3-4-1 在来工法の進展

(1) 打換え工法

打換え工法は、舗装構造や路床土などに問題があり、構造的に破損した舗装の修繕に適用されるのが一般的である。この工法は、一般通行車両に大きな交通障害

をもたらし、工費がかさむうえ単位施工時間あたりの施工量が少ない等、種々の問題を含んでいる。このため、本工法は他の工法では修繕効果が期待できない場合に用いられる、いわば「最後の手段」的な位置付けがなされている。

打換え工法は、現在でも夜間工事で実施される例が多く、特に都市内の幹線道路に適用される場合には、いわゆる「一夜復旧」の施工となり、時間的な制約を大きく受けながら実施されているのが実情である。

都内の国道では、昭和35年以来「12時間工法」が採用されてきたが、周辺住民の苦情や早朝の交通ラッシュへの対策として、昭和48年以降からは更に2時間短縮した「10時間施工」が採用され、現在に至っている¹⁴⁾。

この2時間の短縮を可能にしたのは、上層路盤を従来のセメント安定処理からアスファルト安定処理にし、さらにシックリフト工法を採用したためである。また、一晩の施工量は、舗装のとり壊しやその他の施工機械の性能向上もあって、昭和35年当時の150m²が、現在では220m²にまで増加している。

また、昭和53年からは再生加熱アスファルト安定処理路盤が採用されるなど、省資源も考慮されている¹⁵⁾。

打換え工法は、修繕工法の中で最も古くから普及・定着したものと言えるが、機械の高性能化、低騒音化などによって、施工能力の向上に見られるように効率化がなされてきている。

(2) オーバーレイ工法

オーバーレイ工法は、舗装の増厚による補強を目的とする工法で、高度経済成長期以降の交通量の大幅な伸びにともなって、当初設計断面では舗装厚に不足を生じた舗装に適用され始めた。その後、当該工法は、名神高速道路の舗装改良工事のような大規模施工の経験を経て、施工技術も向上し、現在では広く実施されている。

また、タンバとバイブレータを組合わせたスクリードや、敷ならし厚さの自動制御装置を備えたアスファルトフィニッシャ、ならびに全輪駆動のマカダムローラや振動ローラの出現による締固め能力の増大等により、平坦性の向上ならびに均一なオーバーレイ層の施工が可能となった。

一方、オーバーレイ工法は、既設路面の破損をカバーし新たな路面を提供するという観点から、フラッシュしたり流動によるわだち掘れを起こした路面にも適用された。しかし、既設のわだち掘れ形状がオーバー

レイ層の流動を助長したり、流動対策として改質アスファルトを用いたオーバーレイ層にひびわれが生じたりするなど、必ずしも良好な結果が得られなかった¹⁶⁾。また、嵩上げ工法であるため、構造物との兼ね合いから繰返し実施するには限度があることなどから、現在では後述する切削オーバーレイ（または切削打換え）と交互に実施するなど工夫されながら採用されている。

（３）切削オーバーレイ工法

切削オーバーレイ工法は、路面切削機の普及とともに、特に流動によるわだち掘れの補修工法として発展・普及したものである。

路面切削機は、建設省がわだち掘れの補修機械として、昭和34年に米国から導入したヒータブレーナが原点と言われている¹⁷⁾。

昭和40年代に入ると、国産および輸入の路面切削機による、わだち掘れ路面の整形処理が各地で試験的に実施されるようになった。この結果、切削能力（切削深さ、施工速度、施工精度）、公害対策（振動、騒音、粉塵）等、種々の検討が加えられ、昭和50年にはほぼ現在と同じような機械が実用化された。

なお、初期においては主として加熱切削方式であったが、現在では常温切削方式が主流となっている。

切削によって減じた舗装厚を新規アスファルトコンクリートで補う、または必要に応じて増厚をおこなう、いわゆる切削オーバーレイは、切削機の実用化とともに実施されてきた。

切削オーバーレイ工法は、欠陥部分の除去と一部打換えを行う点では、在来の打換え工法の変形であり、路面切削機の性能向上とともに急速に発展した。そして、昭和50年代前半には、高速道路の修繕工法として、オーバーレイ工法と共に定着して現在に至っている¹⁸⁾。

なお、昭和46年にアスファルト廃材が産業廃棄物に指定され、打換え等で発生する舗装廃材の処分の問題が大きくなり始めていたが、切削および切削オーバーレイ工法の普及により、この問題はさらに深刻なものとなっていった。

３－４－２ 再生工法の出現

（１）プラント再生

プラント再生は、打換え工事等で発生するアスファルト廃材を、混合所に運搬してアスファルトプラントで加熱し、必要に応じて新規材料や添加剤等と混合してアスファルト混合物として再生するものである。

当プラント再生方式は、米国において1915年にワー

レンブラザース社によって初めて実施されたと言われているが¹⁹⁾、その後石油危機まではほとんど実施されずにいた。しかし、石油危機にともない米国では省資源、省エネルギーの気運が高揚したこと、および建設資材の高騰により急速に普及した。

わが国でも、プラント再生工法は石油危機を契機に発展したものの、むしろその背景としては、前述の廃材処分の問題の解消に重きがあったと言える。

わが国でのプラント再生方式の検討は、特に地方自治体を中心に昭和50年頃から実施されている。当初は、補足材としてストレートアスファルトや再生用添加剤のほかに、廃油や砂を添加したものもあった²⁰⁾。また、廃材（再生骨材）の加熱方法としては、バグミルミキサに投入して、高温加熱した新規骨材と熱交換をする方法や、ドラムドライヤで加熱する方法が開発された²¹⁾。

その後、試験方法や調査の積重ねにより昭和59年に「舗装廃材再生利用技術指針（案）」がまとめられるなど、技術的にはほぼ一定の水準に到達した感がある。昭和60年現在、1,834基のアスファルトプラントのうち、113基において再生が行われており、その生産量は約270万 ton と言われている²²⁾。

（２）路上表層再生工法

路上表層再生工法は、破損した既設アスファルト舗装の表層を、現在置にて加熱再生する工法であり、欧米で実用化されてまもなく、わが国でもヒータブレーナ、ロードヒータ、およびヒータスカリファイヤ等を使用して蓄積した技術等にもとづき開発が進められた²³⁾。

わが国における本格的な施工は、昭和56年に開始され、その歴史は比較的浅いと言えるが、昭和60年度までに延べ620万㎡の施工実績があり²⁴⁾、短期間のうちに急速に普及した工法の一つと言える。

現在、わが国の路上表層再生工法には、リフォーム、リペーブ、およびリミックスなどの施工方式がある。これまでは、品質改善をともなわないものが大半を占めていたが、今後はリミックスなどの品質改善方式が増加するとともに、維持修繕工法としての位置付けもより明確にされていくものと考えられている。

施工機械としては再生路面ヒータ、路上表層再生機等の専用機が用いられる。また、施工上特に重要なこととして、路面の効率的な加熱と再生後の締固め度の確保とがあげられ、最近では複数のヒータの使用や大型振動ローラを採用することが多くなる傾向にある。

また、効率よく品質の向上を図る目的で、施工管理システムの開発も進められている²⁵⁾。

一般に当該工法用の施工機械は大型のものが多く、大規模施工に適しているが、市街地等の狭幅員に対応するため、最近では小型で機動性のある機械も開発されている²⁶⁾。

(3) 路上再生路盤工法

路上再生路盤工法は、比較的アスファルト層厚の薄い舗装を対象とするもので、アスファルト混合物層を破碎し路盤とともに混合し、各種添加材による安定処理を施して、新しい路盤として再生するものである。

路上再生路盤工法は、現位置での安定処理技術から発展したもので、昭和52年頃から実施されており、昭和59年までに約290万 m^2 の施工実績がある。また、その適用は、都道府県道、市長村道の簡易舗装道路またはL、A交通区分の道路でのものが圧倒的に多いようである²⁷⁾。

安定処理のための添加材としては、当初セメントが主として用いられたが、施工後の収縮にともなうひび割れを抑制する目的で、セメントとアスファルト乳剤の両者を併用する方式も採られている。また、施工機械としては、昭和53年に専用の路上破碎混合機が開発され、この工法の普及を促した。その後、昭和62年には日本道路協会から「路上再生路盤工法技術指針(案)」が発刊されるに至っている。

なお、この工法を適用した場合、路盤を安定処理した分舗装厚さを薄くできるものの、再生後の路盤高さが施工前より高くなる。この対処として、現在余分な路盤材や路床土を取除く方式も実用化されている²⁸⁾。

3-5 海外の施工技術の現状と新しい動き

前項までに述べたように、わが国の施工技術は欧米の技術の積極的な導入と、わが国独自の工夫・改良によって発展してきたと言える。ここでは、米国を中心とした欧米の施工技術の現状、および新しい動きの一端を一般の舗装工法と修繕工法に分けて紹介する。

3-5-1 一般の舗装工法²⁹⁾

海外におけるアスファルト表・基層の施工技術の現状および新しい動きを、混合物の製造、敷ならし、締固めに分けて以下に示す。

(1) アスファルト混合物の製造

海外においてもアスファルトプラントの大型化が進められてきたが、特に米国においては、わが国では見られない超大型機が製作されている。わが国に紹介さ

ているものとしては、日本建設機械要覧(1986年版)に米国製430ton/hのプラントが示されている。また、1973年には1バッチ約20ton というものが製作されている。

欧米におけるアスファルト混合物の生産量は、1985年で約4億8千万tonである。また、プラントの数は約4,000基で、そのうち80~90%がバッチ式プラントで残りがドラムミキシングプラントといわれている³⁰⁾。

ドラムミキシングプラントは1970年代に復活し、1980年代に入ってから、プラント再生の発達にともなって急速に普及した。1980年以降に製造されたプラントの95%以上はこの型式と言われている³¹⁾。

これに対して、ヨーロッパでは各国がドラムミキシングプラントの経済性などの利点を認めながらも、普及するまでに至っていない。わずかに、フランスで定置式プラントの8%、仮設プラントの20%を占めるのが目につく程度である³²⁾。

(2) 敷ならし

アスファルトフィニッシャは、今から約50年前にフローティングスクリードの機構が開発されて以来、これまでに種々の進歩を遂げてきた施工機械である。米国では現在、十数社がアスファルトフィニッシャを製造しており、標準施工幅員が最小約1.2mのものから最大12mのものまで様々な機種が製造されている³³⁾。

わが国と大きく異なる点として、施工速度があげられる。ある文献には³⁴⁾、「ドラムミキシングプラント、大型ホットサイロ、ボトムダンプトラック等を用いて、1日5,000ton以上のアスファルト混合物を施工している」と紹介されている。この値は、施工厚さを5cmと仮定すれば、日施工面積42,000 m^2 に相当し、1日10時間稼働、施工幅員7m、密度2.35g/ cm^3 と仮定すれば、時間約500ton/h、すなわち10m/minの施工速度となり、わが国の通常の施工速度の約3倍になる。

アスファルトフィニッシャに関する新しい技術として、西ドイツで開発された高締固めスクリードがあげられる³⁵⁾³⁶⁾。この機構には、タンバと振動スクリードのほかに、プレッシャーバと呼ばれる新しい締固め装置を装備したものがある。従来のタンバが一定のストロークで混合物を押し下げるのに対して、このプレッシャーバは、一定の圧力が発生するまで混合物を押し付け締固めるものである。

このスクリードは、アスファルト表・基層のみならず、安定処理路盤や粒状路盤にも適用され、敷ならし後の締固め度は路盤で98%以上、表層で97~98%程度

と、場合によってはローラを用いなくても基準値を十分に満足する密度を得ることができると言われている。

なお、1987年のPIARC国際会議において、この種のスクリードを用いた場合、従来のタイプに比べ平坦性が良くなることが、また、6～7cmのアスコン層の締固めであれば十分な締固めがなされたことが、それぞれ西ドイツおよびフランスから報告されている。ただし、一般的な見解としては、より良い結果を得るためには、少なくとも、1台のローラの使用が望ましいとしている³⁷⁾。

(3) 締固め

舗装の転圧には、通常初転圧にはマカダムローラ、2次転圧にはタイヤローラが用いられているが、最近では、これらの代わりに振動ローラを用いるケースが増えているようである。米国の施工機械の変遷をまとめたAAPTの特集号に²⁹⁾、1950年代から使用され始めたタイヤローラも、1960年代の後半になると振動ローラの普及に押されて、使用されるケースが次第に減少してきた経緯が記されている。

なお、振動ローラは両輪鉄輪のタンデム型と、鉄輪とタイヤを組合わせたコンバインド型のものがある。前者はマカダムローラの代替として、後者はタイヤローラの代替として利用されているようである。

参考としてはやや古い³⁸⁾が、1981年版のカリフォルニア州の標準仕様書³⁸⁾には、アスファルト層の転圧にはマカダムローラとタイヤローラの使用が規定されているものの、「過去に実績があればタイヤローラによる転圧は省略できる」、「振動ローラも無振の状態であれば、仕上げ転圧に使用できる」などの規定も示されている。ちなみに、米国で発行されている土木工事の積算資料³⁹⁾によると、標準的なアスファルト表層工においては、締固め機械としてタンデムローラ1台のみが示されており、タイヤローラは含まれていない。

振動ローラの最近の動向としては、オシレートリローラと呼ばれるものが開発されている¹³⁾⁴⁰⁾。これは、従来の振動が垂直方向であったのに対して水平方向に起振させるもので、振動等の周囲への影響も低減させることができると期待されており、表・基層の締固めに適すると言われている。

3-5-2 修繕工法

海外における修繕工法は、打換え、オーバーレイ、切削オーバーレイなどの在来工法、および再生工法が主なものであり、基本的には前述したわが国の現状と同様であると言える。また、わが国でも同様であるが、

特に膨大な道路網をかかえる米国をはじめとして、欧米諸国では第1次石油危機以来、舗装修繕のコストダウンに力を注いできている。

この項ではこれらの状況を踏まえた上で、切削オーバーレイ工法と再生工法を取り上げ、欧米の現状と新しい動きを紹介する。

(1) 切削オーバーレイに関するもの

① 切削工法

アスファルト舗装の切削は、1930年代に米国において開発されたヒータプレナに端を発するが¹⁹⁾、現在では、一般にゴールドプレナやミリングマシーンと呼ばれる常温切削機が普及しており、小型機から大型機までが用意されている。大型機の中には、950Hp級や1,000Hp級の超大型機も発表されており、1車線(幅員3.8m)を一度で切削できるいわゆるフルレーン用のものや、深さ25cmまで切削できるものもある⁴¹⁾。

また、イギリスでも西ドイツの機械を導入し、M路線(モーターウェイ)と呼ばれる幹線道路で、路面から18cmの深さまで切削打ち換える修繕工法等に使用しており、5 m/minの施工速度で深さ最大18cmの切削を1行程で行っている⁴²⁾。

② ウインドロウ式の舗設方法

オーバーレイ工事においては、前項で述べた一般の表・基層工と同様に大型施工機械が駆使され、日施工量を大幅に向上させる努力がなされている。ここで紹介する舗設方法は、オーバーレイ工法の効率的な施工方法として実施されているもので、ボトムダンプトラック等を用い、施工箇所に直接アスファルト混合物をウインドロウ(うね)状にして下ろし、これをウインドロウエレベータによりフィニッシャに供給するものである⁴³⁾。これにより、アスファルトプラントの能力やダンプトラックの回転効率を最大限に向上させ、1日の施工量を大幅に向上させようとするものである。わが国では、アスファルト混合物の温度低下や材料分離などの面からその実施には抵抗があると思われるが、米国では1950年代から州際道路等舗装の修繕に採用されているようである。

③ クラック&シート工法

この工法は、コンクリート舗装上にアスファルト混合物によるオーバーレイを施す場合に、下地処理として実施されるものである。その工程は、まずひびわれの生じた古いコンクリート舗装版を1 m角程度に小割り(cracking)して、路盤上に安定(seating)させ、その上にオーバーレイを施すものである⁴⁴⁾。この工法

は、1950年代後半から60年代にかけて米国ミネソタ州などで実施され、AIのオーバーレイマニュアル(MS-17)⁴⁵⁾にも示されている。この工法は一時下火になっていたが、州際道路等のコンクリート舗装の修繕が多くなってきたこともあって、最近再度注目され始めている。

MS-17には、コンクリートの破碎にはパイルハンマやドロップハンマを、破碎コンクリートの安定化には45ton以下のタイヤローラを用いるように定められている。このほか、最近では、コンクリートの破碎にペーパメントブレーカと呼ばれる振動式の破碎機も用いられ始めている⁴⁶⁾。

(2) 再生工法

再生工法の現状は、米国と欧州では違いが見られる。一般的傾向としては、米国では混合所での再生加熱アスファルト混合物の製造(Hot Mix Recycling)と路上再生路盤工法(Cold Recycling)が活発に行われ、欧州では路上再生工法(Surface Recycling)の採用が多いようである。

再生工法の現状については、多くの文献等に紹介されているので詳述を避け、トラベリングプラント方式による新しい路上再生工法の動きについて紹介する。

① トラベリングプラントによるサーフェスリサイクリング

路上表層再生工の新しいものの1つとして、イタリアで開発されたトラベリングプラントによる工法があげられる³⁷⁾。この工法は、コールドプレーナで切削した既設表層材を、後続する移動式のドラムミキサに投入

して加熱再生し、アスファルトフィニッシャーで敷ならすものである⁴⁷⁾〔図-3.3(1)〕。施工機械が大型で適用道路は限定されるが、イタリア以外でも施工がおこなわれている。

② トラベリングプラントによる表層のコールドリサイクリング

ここで紹介するものは、上述のトラベリングプラントと同様の思想にもとづくもので、米国オレゴン州で試験的に実施されたものである⁴⁸⁾⁴⁹⁾。

施工は、切削機で既設表層を2インチ以内の大きさに破碎し、移動式プラントに移しクラッシャーで所定の粒度にした後、高分子材料入りアスファルト乳剤と混合する。混合された材料はウインドロ(うね)状に路面に下ろされ、ウインドローエレベータでフィニッシャーに供給され敷ならされる〔図-3.3(2)〕。また、転圧は振動ローラ1台、タイヤローラ2台で行われ、転圧後、保護のためチップシールが施される。施工後4年経過した路面性状は良好であり、施工能力が1日あたり6.4km(オーバーレイの約1.5倍)と大きく、さらに工事費が平方ヤード当り1.8ドル(オーバーレイの1/2以下)と経済的にも優れており、舗装関係者は大きな期待をかけているとのことである。

3-6 施工技術の今後の展望

周知のとおり、これからの日本は「高齢化社会」「経済の安定成長期」「多様化の時代」を迎えると言われていいる。また、社会資本にとっては、「維持の時代」を迎えるとも言われている。

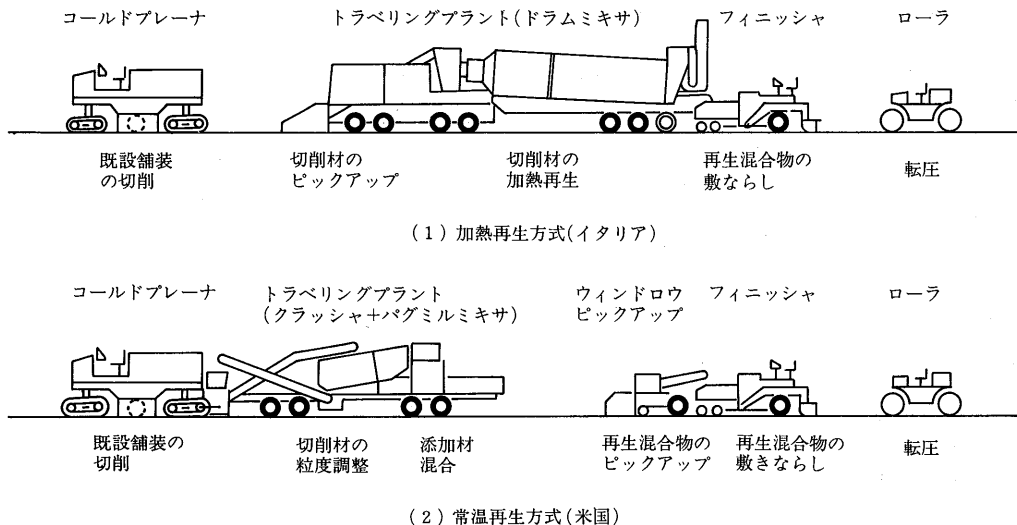


図-3.3 トラベリングプラントによる路上再生(文献⁴⁷⁾⁻⁴⁹⁾にもとづき図化)

当然、舗装をとりまく環境も例外でなく、従来の技術を踏襲するだけでは済まされなくなると予想される。つまり、これからの施工技術のありかたとしては、これらの状況を踏まえた上で多用なニーズに応えるために、今まで以上に応用技術や新規技術の開発が必要とされると考えられる。

以上の観点から、ここでは基本的な施工技術と、多様化への対応技術とに分けて今後の展望を述べる。

3-6-1 施工技術の今後

基本的な施工技術において、今後進展する主なものとして、①工事費の低減および作業員の高齢化の面から施工の省力化が、また②社会経済情勢が変化し、高規格幹線道路網構想等の事業が続々と計画されていることから、大型工事対応の技術開発があげられる。

(1) 施工の省力化

施工の省力化ならびに省熟練化は、労務費の削減による工事費の低減の面からだけでなく、若手労働力の不足と就業作業員の高齢化が顕著になってきたことから、急務の課題とされている。さらに、省力化機械の開発の副次的効果としては、品質・出来形の向上、工期の短縮、および作業員の安全確保等が期待できる。

舗装工事のうち、最も省力化が遅れているものは、小規模工事や地形が複雑な箇所での施工、および各種維持作業であろう。これらの省力化が遅れる要因の1つとしては、これらの発注単位が小さいために、投資がなされずに機械化が遅れていることがあげられる。

一方、アスファルトプラントは、舗装分野で最も自動化が進んでおり、少人数で運転されている。また、大型舗装工事においても機械化施工が普及し、人手をあまり必要としていない。しかし、エレクトロニクス等の技術は進歩を続けており、これらの導入により一層の省力化が図られ、すでに一部の機械においては、自動運転や遠隔操作が実用化されている。

こうした技術の導入は、各種センサや制御機器等の性能向上と価格の低減にともない、今後さらに拍車がかかるものと予測される。いずれは、施工機械そのものが品質や出来形を確認しながら施工するようになり、最終的には舗装ロボットの開発がなされるであろう。

(2) 大型工事への対応

この10年間、道路投資の伸び率は低く、大型工事の発注もやや停滞してきた。こうしたことから大型機械の開発、導入、あるいは保有機械の更新も押えられ気味であった。しかし、最近の社会情勢等の変化に伴い、多くの大型工事計画が策定され始め、大型工事の増加

のきざしが見え始めている。

工事の大型化は必然的に機械の大型化を押し進めるが、公道上を運搬する都合上、現在わが国に導入されている最大級の機械より大型化することはむしろ少なく、施工機械の更新に合わせ新型大型機械に切替えるなどの措置がとられるものと考えられる。なお、この場合、均一な品質・出来形の確保、施工速度の向上、安全性の向上等の高性能化が要求されることは勿論であろう。

また、現在開発されている施工機械の中で、工事の大型化にともない導入が進むと予測されるものとしては、例えばホットサイロ、高締固めスクリード、ならびに大型振動ローラなどがあげられる。

3-6-2 多様化への対応

前項までに述べたように、舗装の分野においても多様化が進んでいるが、時代の変化にともない、この傾向はさらに広がってゆくものと考えられる。ここでは、使用材料、適用箇所および維持修繕工事に分けて多様化への対応を述べる。

(1) 使用材料

アスファルト舗装で使用される材料は、アスファルト舗装が出現して以来大きく変化していないものの、スラグの骨材としての利用や、高分子材料などによるアスファルトの改質などがなされている。また、これらの材料の施工は、従来技術の応用によって対応されるものと予想される。しかし、ジオテキスタイル⁵⁰⁾や発泡スチロール⁵¹⁾の適用のような、従来にはあまり見られなかった技術も検討され始めており、これらに対処するために新しい施工技術が開発されると考えられる。

このほかの動きとしては、アスファルト舗装への転圧コンクリートの利用が考えられる⁵²⁾。利用方法としては、ホワイトベースや表層といったものが考えられるが、これにともなって従来の施工機械の改良や、新規開発がなされるものと考えられる。

また、改質アスファルトを用いることにより、物性は向上するものの施工性が犠牲になる場合が少なくない。このようなケースや、寒冷期の施工などの対応として、混合物温度を低下させない技術や、締固め効率を向上させる技術などの開発がなされるものと予想される。

このほか、透水性舗装や半剛性舗装の車道への大規模な適用が検討され始めていることから、これらに対応する施工技術ならびに維持技術も開発されることも考えられる。

(2) 適用箇所

当初、アスファルト舗装の対象のほとんどは道路であった。その後、空港、駐車場等から、のり面、斜面へとその対象は広がっていった。また、これにともなう、施工技術も順次改善・改良あるいは専用機械の開発がなされ、現在では一応の技術が確立、定着してきた。

一方、ここ10年来の新しい展開としては、テニスコートやジョギング道路などのスポーツ施設、遊歩道やコミュニティ道路などのアメニティ施設への舗装技術の適用拡大があげられる。これらの適用箇所では、表面性状に重点が置かれている点が共通しているものの、施工幅員、施工面積、要求性能がそれぞれ異なり、使用されるアスファルト混合物も特殊なものが多い。現状では、いずれの場合も人力に頼る面が多く、アスファルト系以外の材料と競合することなどから、施工の省力化が望まれている。この場合は、従来の舗装に比べ格段に優れた平坦性を確保できる施工機械や、狭小幅員での機動性に優れた施工機械などの開発が必要となるであろう。

(3) 維持修繕

維持修繕工事は、舗装の破壊形態、施工面積および施工深さなどが非常に多岐にわたるが、この中では、特に小規模工事へ対応する機械化の推進が望まれている。

また、維持修繕工事に共通する問題としては、これまでと同様に、騒音および交通規制の問題があげられる。このため、工事時間の短縮および低公害を目指して、施工法ならびに施工機械が開発されると同時に、

現在、一部で試験的に導入されているような、立体的に車両の通行を確保しながら維持修繕を実施するといった、新しい発想の技術の開発もなされるであろう。

3-7 あとがき

本章では、明治以降現在までの、わが国の施工技術の変遷、海外における施工技術の現状と新しい動き、および施工技術の今後の展望について述べた。

これらから、使用材料が種々変化しても、また施工技術が進歩しても、アスファルト舗装における基本的な3工程、「混合」、「敷ならし・整正」、「締固め」には変化がないことが理解できる。勿論この章で取上げなかったが、グースアスファルトのように締固めを必要としない工法もあるが、大半の工法はこの3工程を基本としている。

言い替えると、施工技術の変遷はこれらの工程の合理化と高度化の歴史にほかならない。つまり、公害対策技術や再生技術等、社会的ニーズの変化に応える付随技術の進展がともなうことは勿論であるが、いかに「良いもの」「早く」「安く」「安全に」作るか技術の変遷と言える。

今後、材料および舗装構成が大きく変化しない限り、施工技術はこれまでと同様の変化を続け、ますます多様化するニーズに応じてゆくものと考えられる。

文責 古財 武久
谷口 豊明
羽山 高義
野村健一郎

— 参考文献 —

- 1) 日本道路史, 日本道路協会, 昭和25年.
- 2) 日本舗道五十年史, 日本舗道会, 昭和60年
- 3) 道, 目で見る二十五年史, 大成道路会, 昭和61年
- 4) 大林道路五十年史, 大林道路会, 昭和58年
- 5) 昆布谷, アスファルト舗装施工法の変遷 (招待論文), 土木学会論文集, 第384号/V-7, 1987, 8
- 6) 陸運統計要覧 (昭和61年版)
- 7) アスファルトポケットブック, 日本アスファルト協会, 1987年
- 8) アスファルト舗装要綱, 日本道路協会, 昭和25年版, 昭和36年版, 昭和42年版, 昭和50年版, 昭和53年版,
- 9) 名神高速道路建設誌, 日本道路公団, 昭和42年.
- 10) 東名高速道路建設誌, 日本道路公団, 昭和45年.
- 11) 日本道路公団30年史, 日本道路公団, 昭和62年.
- 12) グラフで見る道路建設業, 日本道路建設業協会, 昭和61年
- 13) 山本, 87建設機械の現状/締固め機械, 建設の機械化, 1987, 10
- 14) 赤松, 東京都内における国道修繕工事の概要, 舗装, 1978. 7
- 15) 成田, 東京と23区内, 一般国道の舗装修繕工事, アスファルト No. 146. 1986
- 16) 今門, 東名高速道路 (東京・三ヶ日間) の舗装補修について, 舗装, 1978. 1
- 17) 竹内, 維持修繕用の切削・破碎機, アスファルト No. 133. 1982
- 18) 小林, 高速道路における舗装の維持修繕, 舗装, 1981. 5

- 19) 舗装廃材のリサイクリング指針, 道路技術資料 No.3, 日本道路建設業協会, 1984
- 20) 竹内, アスファルト舗装の混合物再利用, 舗装, 1976.1
- 21) 関西道路研究会, 混入方式によるアスファルト廃材の再利用に関する調査, 舗装, 1978.7
- 22) プラント再生加熱アスコンの実態調査報告書, 日本アスファルト合材協会, 昭和62年3月
- 23) 羽山, サーフェスリサイクリング工法の技術的現状, アスファルト, No.141.1984
- 24) 路上表層再生工法における品質改善方式の実態調査報告書, 日本道路建設業協会, 昭和62年4月
- 25) 西川ほか, 路上表層再生工法における施工管理システムの検討, 道路建設, 1987.7
- 26) 後藤ほか, 小型路上表層再生機の開発(ミニヒータおよびミニリペーパー), 建設の機械, 1987.7
- 27) 路上再生路盤工法技術指針(案)について, 日本道路協会, (昭和61年度道路に関する地区講習会テキスト)
- 28) 高野ほか, アンダーカットFRS工法, 道路建設, 1983.5
- 29) D.G.Tunncliffe et al, A History of Plants, Equipment and Methods in Bituminous Paving, AAPT vol. 43A, 1974
- 30) 1986年カナダ, アメリカ視察団, 日本道路建設業協会 S62.2
- 31) アメリカにおける舗装再生技術の調査, 日本道路建設業協会, S62.2
- 32) General Report on Construction and Maintenance of Pavement, X VII World Road Congress (PIARC), Australia 1983
- 33) Spotlight : Asphalt Pavers, Highway Construction, July, 1978
- 34) Speed and Quality Achieved on Eisenhower Lihabilitation, Highway & Heavy Construction, Aug・1986
- 35) ヨーロッパにおける舗装の修繕と再生に関する技術の調査, 日本道路建設業協会, S60.9
- 36) 高野, アスファルトフィニッシャの高度化の方向, 建設の機械化, 1987.7
- 37) Ceberal Report on Construction and Maintenance of Pavements, X VII World RoadCongress(PIARC). Belgium, 1987
- 38) Standard Specification, Caltrans Jan・1981
- 39) Heans Site Work Cost Data, Means, 1984 Edition
- 40) 高野ほか, 舗装機械よりみた舗装の施工管理, 第17回日本道路会議特定課題論文集, 日本道路協会と, 昭和62年
- 41) Spotlight : Millers, Cold Planers & Profilers, Highway & Havy Construction, June, 1987
- 42) Road Planing Reaches New Depths, Highways, Aug・, 1987
- 43) Wubdrow Paving Cuts Costs. Improves Interstate Surface, Highway & Havy Construction, Dec・, 1985
- 44) Crack-and-Scat Adds Value To Worn-out Concrete, Hot Mix Asjphalt Tecnology, NAPA, Spr・, 1986
- 45) Asphalt Overlays For Highway and Street Rehabilitation, THE ASPHALT INSTITUTE(ms17), Second Edition, June, 1983
- 46) 山辺ほか, 共振式舗装破砕機PB-4とその施工例, 建設の機械化, 1987, 7
- 47) Asphalt Recycling Travelplant ART220 for in-situ work, Catalog No.44, MARINI s.p.a, 1983, 11
- 48) Success in the '90/Asphalt Paving, Highway and Heavy Construction, Sep. 1987
- 49) Oregon Reports ON 4-Year Coldmix Recycle Experiment, Highway & Havy Construction, May, 1987
- 50) 舗装とジオテキスタイル特集, 舗装, Vol 25, No. 5, 1987
- 51) 舗装と発砲スチロール特集, 舗装, Vol 25, No.8, 1987
- 52) 根本ほか, 転圧コンクリートに関する一検討(配合とその特性), 道路建設, 1986.10

4 章 品質管理と検査

4-1 概 説

わが国のアスファルト舗装技術は道路舗装延長の増加とともに発展し、現在では欧米諸国とほぼ同等の水準まで達していると言えるが、その発展段階においてはAASHTO道路試験をはじめとして、その他多くの海外の研究成果や施工技術から少なからぬ影響を受けてきた。

これに対し舗装の品質管理および検査の手法については、当初の導入時期には欧米諸国における成果が参考にされたものの、これらの国とわが国とでは仕様書や施工体制などが異なっていたことから、その後は統計的な手法や現場経験などをもとにして、わが国の実状に合った独自のものに発展してきた。また、そのためこれまで海外の出来形や品質基準がわが国に紹介される機会も非常に少なかった。

一方、舗装の品質管理手法に関する海外の研究は、設計方法、材料、維持管理などに関するものと比べて論文数が少ないことから判断すると、最近ではあまり活発に行われていないようであるが、その内容については、エンドリザルト方式による品質管理と即時性のある管理手法の開発とに大別される。

本章では、海外および日本のアスファルト舗装の品質管理と検査に関して、次に示す4つの事項について紹介する。

- ① わが国の品質管理および検査手法の変遷
- ② 米国、英国の出来形および品質基準
- ③ 新しい品質管理手法としてのエンドリザルト方式
- ④ 即時性のある管理手法として密度管理に用いられているRI計器

4-2 日本における品質管理と検査の変遷

4-2-1 品質管理と検査の一般的な意義^{1),2)}

品質管理とは、製品に対して設計上定められた品質に適合するように、かつ経済的に製品を生産するための活動である。また検査とは、製品の持つべき品質を何らかの方法で測定し、その結果をあらかじめ定めら

れた判定基準と比較して、個々の製品の良・不良またはロットの合格・不合格の判定を下すことである。

従来においても、製品を製造する工場では、工程中に個々の製品を随時測定しながら徐々に所定の品質にしていく方法や、完成品の検査を厳重にして不良品を取り除く方法などによって品質を保持する努力はとられていた。しかし、これらの方法では作業者の個人差や測定誤差、あるいは材料の損失などを避けることが難しく、また検査に際して不良品の判定が恣意的になる可能性を含んでいる。このような欠陥をなくするため、(a)まず材料の品質上もつべき規格と製品の完成品としてもつべき品質の規格をそれぞれ定め、(b)製造工程を通して得られたデータを統計的に解析して製品の品質が変動する原因を追求し、(c)これを工程にフィードバックすることにより製造方法とその条件の標準を定め、(d)これを作業時において保持する、という方法がとられるようになった。これによって工程の安定性を保ち、したがって品質の均質度を高め、かつ生産性を向上させることが可能となったのである。品質管理とはこのような活動のことである。上記の(b)と(c)の工程管理の作業において活用されているのが1924年にアメリカ合衆国のベル電話研究所のW.A.Shewhartの考案による管理図法である。

検査は前述のとおり製品の良・不良について判定を下すことであり、その方法として全数検査と抜取検査の2種類がある。全数検査は検査の対象となる製品を1個ずつ測定し、その結果を判定基準と比較し、良品と不良品に分類して良品だけを合格とする検査方法である。抜取検査は対象となる一群の製品（これをロットという）から少数の製品（これをサンプルという）を抜き取って測定し、その結果をロットに対する判定基準と比較し、合格ロットと不合格ロットに選別する検査方法である。

全数検査はすべての製品に対して判定するものであるから最も望ましい検査法であると思われるがちであるが、検査個数が多い場合には相当多くの検査費用と時間を要し、また判定の誤りが発生するなどの実用上の

問題を有している。また破壊試験による場合は、全数検査は意味を持たないことも明らかである。

抜取検査はこのような場合に有効である。しかし、抜取検査では抜き取った少数のサンプルによってロット全体の合格または不合格を定めるので、合格したロットの中に不良品が入っている可能性も残っており、これを承知していなければならない。このような判定の誤りの程度を合理的な値以下に抑える方法がベル電話研究所の H.F.Dodge と H.G.Roming が1920年代初期に研究を始めた統計学を応用した抜取検査法である。今日の抜取検査方法はこの研究に基礎を置いたものである。

製品の製造工程の各段階において品質の判定、すなわち検査が行われる。原材料や部品などを購入するときにその品質が規格に合格しているかどうかを知るための検査を「購入検査」または「受入検査」という。この検査に際しては、材料等が必要とする品質上の諸条件を明記した「購入仕様書」あるいは「購入規格」が備わっていなければならない。次に工程間で製品の受渡しが行われるときには、「工程検査」(または「中間検査」ともいう)が行われる。不良品が次の工程に送られると、つぎの工程の作業に支障を与えたり不良が見えなくなったり取替えが困難であるような場合に、その前の工程で検査をする必要がある。工程検査は検査そのものであるが、工程の管理と工程検査を均衡のとれたものにするために、標準の検査方法の他に度数分布法や管理図法、初物検査(作業開始前に試験的に製品を作って製品を確認する検査)、巡回検査などの方法も、不良品の発生を未然に防ぐために実施されている。生産の最終の工程を終えた製品の検査が「最終検査」である。

ここで注意しなければならないのは、「検査」という用語の用い方である。これまで考察してきた検査の概念は製品の良・不良の判定ということであって、それは品質管理の概念の中に包括されているといえる。つまり品質を確保するために行う品質管理活動のひとつとしてとらえられている。これとは別の概念として、土木工事等の発注者と請負人の間で交わされる請負契約の中で規定される「検査」がある。これは請負代金を支払うにあたりその支払いが正当であることを保証するために発注者が行う検査であり、上述の購入検査と同じ性格をもつ。このように製品を購入(発注)する者とそれを製造する者が異なるときには、「検査」が単に製造者側の品質管理のひとつの活動として行われ

る場合と、発注者が代金支出の確認のために行う場合があり、両者の区別を明確にする必要がある。舗装工事においては現在は後者の意味で用いることが通常である。

さて品質管理と検査の歴史をみると、統計学にもとづいた手法がベル電話研究所において手がけられたことは前述のとおりである。しかしその実施を促進させたのは1941年の第2次世界大戦である。この戦争に際して合衆国軍部は多量の軍需品の調達が必要となり、それを多数の契約者から購入せざるを得なかったために、購入検査の手法として抜取検査を採用し、また管理図を用いて均一な品質を確保することに努めた。このようにしてできたのが American War Standards Z1.1, Z1.2, Z1.3であり、合衆国軍の戦時体制を支えたのである。

4-2-2 わが国の現行のアスファルト舗装工事における品質管理と検査

(1) 概要

わが国におけるアスファルト舗装工事の品質管理と検査についての現行の制度について、日本道路協会のアスファルト舗装要綱(昭和53年版)³⁾とアスファルト舗装工事共通仕様書解説(昭和54年版)⁴⁾によって見ていきたい。なお、以下特にことわらないかぎり「検査」は発注者が行う検査という意味で用いる。

要綱では品質管理および検査に対して1つの章が割り当てられており、基準試験、試験施工、出来形および品質の管理、検査の各項から成っている。要綱では品質管理の手段は受注者に任されている旨の記述しかなく、一般的に発注者と請負人のこれらの作業分担が明記されていないが、共通仕様書(そのI)の解説(以後単に「解説」とよぶ)では次のように規定している。

- ・基準試験は請負人が行い、試験結果は監督職員の手続きを得る。
- ・施工検査(施工途中において次の工程に進む前に必要となる検査)は監督職員が監督行為の一環として行う。
- ・工事検査(請負代金の支払いに関係する既済部分検査や完了検査)は監督職員以外の発注者側の者が行う。
- ・出来形と品質の管理(施工管理)は請負人側が行う。

工事検査に当たっては事前に明確な合格判定値が定められていることが必要であり、要綱と解説それぞれに明記されている。一方、施工管理基準は施工者の施

工能力によって決まるものであって発注者が規定すべき性格のものではないとの立場から、示されていない。

(2) 工事検査の方法

工事検査は舗装工事の完成した形における出来形と品質の検査を行い、あわせて請負人が行った基準試験を確認するものである。不可視部分の検査は施工検査の中で行われるが、そのときの検査基準(合格判定値)は工事検査の検査基準が適用される。

工事検査における出来形と品質の検査は、抜取検査によることが原則である。ここで抜取検査とは、検査ロットからあらかじめ定められた抜取方式に従ってサンプルを抜き取って試験し、その結果をロットの判定基準と比較して、そのロットの合格もしくは不合格を判定する検査であり、統計学に基礎をおいたものである。

検査は舗装の出来形と品質を客観的に評価し合否の判定を行うものであるから、検査に用いるサンプルは第三者がそのロットの代表試料として無作為に抽出(ランダム・サンプリング)したものでなければならない。しかし検査により著しく舗装が破損する場合や交通その他の外的条件により検査用サンプルの採取が困難な場合などは、発注者の判断により管理データを検査用サンプルとして利用できるようになっている。しかしこの場合も管理データからサンプルを抽出する方法は、統計学にもとづいた抜取検査に他ならない。本節では要綱等の検査方法を主として抜取検査の手法から見ることにし、次節で抜取検査の統計学的な基礎を見ることがしたい。なお要綱等の検査項目と検査方式の概要を表-4.1に示す。

1) 抜取検査による場合

出来形の検査項目としては各工種について幅と厚さがあるほか、下層路盤では高さ、表層では平坦性がある。厚さ以外の項目では個々の測定値が規定の合格判定値以内でなければならないが、抜取個数が示されていないので統計学にもとづいた抜取検査ではなく、表-4.1の中には取り上げていない。これは幅や高さ、平坦性の測定が厚さに比べて一般に容易であって測定個数を増やしやすいことが理由であって、これらの検査項目は従来においても厳しく取り扱われてきたものである。一方、厚さは舗装構造の耐久性に直接関係があり、かつ測定はコア採取によるのが通例であってサンプル数に制約があることから、計数基準型一回抜取検査(個々の測定値が10個に9個以上の割合で合格判定値にあること)と計量基準型一回抜取検査(10個の測定値の平

均が合格判定値以内にあること)の2種類の検査が併用されている。

品質の検査項目としては各工種について締固め度や粒度、バインダー量などがある。検査はロットの標準偏差を既知とした計量規準型抜取検査を適用している。一般の場合にはサンプルの抜取個数を10として1回で抜き取り、その測定値の平均値によりロットの合格・不合格を判定する。工事箇所が多く検査の省力化を図るような場合は、第1回の抜取個数を3、第2回の抜取個数を3とした二回抜取検査を適用することができる。

2) 管理データを用いる場合

この場合にも検査項目は1)の抜取検査と同じであり、表-4.1に示すとおりである。検査はロットの標準偏差を未知とした計量基準型一回抜取検査を適用する。1ロットにつき路盤工ではサンプル数を14、表層・基層では15とし、乱数表を用いて管理データから規定個数の検査用サンプルを抽出して所定の測定を行い、測定値の平均値と不偏分散によりロットの合格・不合格を判定する。

(3) 抜取検査の統計学的な基礎^{1),5),6)}

1) 抜取検査の種類

抜取検査には多くの種類があり、ある製品のある品質特性に対しどの抜取検査を適用するかは、それぞれの特性や要求される検査の厳しさなどによって異なる。抜取検査法を選定するためには、次の事項をまず知らなければならない。

① 品質の表わし方

品質特性が計数値か計量値かをきめる。計数値とは不良品の数や欠点数などのように個数を数えて得られる品質特性の値であり、これにもとづいて行われる検査を計数検査とよぶ。計量値とは厚さや幅など連続量として測られる品質特性の値で、これにもとづく検査を計量検査とよぶ。

② 抜取検査の型

抜取検査は一般に、規準型、選別型、調整型および連続生産型の4分類があり、舗装工事では規準型のみが使われている。これは生産者(工事施工者)に対する保護と消費者(工事発注者)に対する保護の2つを規定し、両者の要求を満足するように組み立てられた検査方式である。具体的には生産者危険 α と消費者危険 β を決めることによって両者を満足することができる。

③ ロットの品質指標

抜取検査によって保証したい事項であり、計数抜

表-4.1 舗装工事の出来形と品質の抜取検査の概要

ロットの大きさ 10,000㎡以下		生産者危険 $\alpha=0.05$		抜取検査による場合							管理データによる場合																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		消費者危険 $\beta=0.10$		単位	不良率		抜取方法 (すべて規準型)	標準 偏差	抜取り 個 数	判定係数 判定係数	上・下限 格判定値		上・下規 格 値		抜取方法 (すべて規準型)	抜取り 個 数	判 定 係 数																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
工 種	検査項目	厚 さ	cm		%	7					30	%	7	30				%	—	3.0	2.0	c = 1 k = 0.94 k = 0.94	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —

注1) 上層路盤のうち粒調路盤、セメント・石灰安定処理路盤の各項目は省略した。

注2) 適用工事はI (中規模以上の工事)のみを対象とした。

注3) 抜取検査による工事検査では、本表で*を付した検査の他に計量規準型二回抜取検査 (σ 既知) (第1回抜取個数=3, 第2回抜取個数=3)が可能であるが、このとき生産者危険 α は本表の数字と異なる値となる。注4) 不良率 P_0 = なるべく合格させたいロットの不良率の上限値不良率 P_1 = なるべく不合格としたいロットの不良率の下限値生産者危険 α = 合格としたいある特定の悪い品質 (たとえば P_0) の検査ロットが抜取検査で不合格となる確率消費者危険 β = 不合格としたいある特定の悪い品質 (たとえば P_1) の検査ロットが抜取検査で合格する確率

取検査ではロットの不良率(P_0 および P_1)のみが保証の対象となる。計量抜取検査ではロットの不良率からロットの平均値(m_0 および m_1)のいずれかを保証することができる。ここでは P_0 はなるべく合格させたいロットの不良率の上限であり、 P_1 はなるべく不合格にしたいロットの不良率の下限である。また m_0 はなるべく合格させたいロットの平均値の限界、 m_1 はなるべく不合格にしたいロットの平均値の限界をあらわす。なお舗装工事では不良率のみが保証の対象となっている。

④ 抜取検査の型式

ロットの合格または不合格の判定を下すまでに、ロットから何回のサンプルを抜き取るかによって、一回抜取、二回抜取、多回抜取および逐次抜取の4型式がある。舗装工事では一回抜取および二回抜取の2型式が用いられている。

⑤ ロットの標準偏差

計数規準型抜取検査は数理統計学による超幾何学分布の考え方に基づいており、品質指標を指定すれば検査方式は設計できる。しかし計量規準型検査はロットの品質特性が正規分布をするという仮定のもとに設計されており、ロットの標準偏差 σ が既知か未知かによって数理上の取り扱いが異なる。 $(\sigma$ 未知の場合は、ロットの特性が正規分布するという仮定の他に、 $x + k s$ が非心 t 分布することを利用して設計されている。)

以上のように抜取検査には多くの方法が考えられ、JISには現在は9種類の検査方法が定められている。舗装工事では、計数規準型一回抜取検査(JIS Z 9002)、計量規準型一回抜取検査(標準偏差既知)(JIS Z 9003)、計量規準型一回抜取検査(標準偏差未知)(JIS Z 9004)、および計量規準型二回抜取検査(JISの規定なし)の4種類が使われており、すべてにおいて品質指標はロットの不良率(P_0 および P_1)である。

2) 抜取検査の設計

適用する検査方式が決定するとその検査の設計を行うことになる。ここで検査の設計とは、サンプルの抜き取り数 n と合格判定個数 c (計数検査の場合)または合格判定係数 k (計量検査の場合)を決めることである。設計の手順は概略次のとおりである。

① ロットの大きさとサンプリングの方法

舗装工事では1ロットの大きさは各工種とも10,000 m^2 以下、測定のためのサンプリングは無作為(ランダム・サンプリング)とすることになっている。

② 生産者危険 α 、消費者危険 β の決定

JISでは $\alpha=0.05$ 、 $\beta=0.10$ を基準としており、舗装工事でもこれによって設計されている。

③ 品質基準の決定

不良品を選別する基準を定めることで、一般には上限または下限、あるいは両側の規格値を設定し、それ以下の品質のものを不良品として扱う。上限規格値を S_u 、下限規格値を S_L で表す。

④ 不良率 P_0 、 P_1 の指定

舗装工事では上・下層路盤に対し $P_0=7\%$ 、 $P_1=30\%$ とし、表層・基層の加熱アスファルト混合物に対し $P_0=5\%$ 、 $P_1=25\%$ としている。

⑤ 抜き取り数 n と合格判定個数 c または合格判定係数 k の決定

JISに入っている検査方法では、数表や図表により、 P_0 と P_1 の値を指定すれば n と c 、または n と k が決定できる。JISに入っていない計量規準型二回抜取検査では統計学の基礎に戻って計算をしなければならない。

3) ロットの判定方法

以上の手順に従って設計された検査を適用してロットの合格または不合格を決める方法は次のとおりである。

① 計数規準型一回抜取検査(JIS Z 9002)

1ロットから n 個のサンプルを抜き取り、所定の測定を行って品質基準(S_u または S_L)と比較する。品質基準を下まわる不良品の個数が合格判定個数 c 個またはそれ以下であれば、そのロットは合格とし、 $c+1$ 個またはそれ以上であれば不合格とする。舗装工事ではこの検査は各工種の厚さに対して適用されており、すべての工種に対して $n=10$ 、 $c=1$ である。

② 計量規準型一回抜取検査(標準偏差既知)(JIS Z 9003)

1ロットから n 個のサンプルを抜き取り、所定の測定を行って平均値 $\bar{x}$ を計算する。品質基準が下限規格値 S_L で与えられたときは下限合格判定値 $\bar{X}_L$ を、上限規格値 S_u で与えられたときは上限合格判定値 $\bar{X}_u$ をそれぞれ計算する。ここに $\bar{X}_L$ 、 $\bar{X}_u$ はロットの標準偏差 σ と合格判定係数 k から求められ、それぞれ

$$\bar{X}_L = S_L + k \sigma$$

$$\bar{X}_u = S_u - k \sigma$$

である。下限規格値が与えられた場合、 $\bar{x} \geq \bar{X}_L$ であればそのロットを合格とする。上限規格値が与えら

れた場合、 $\bar{x} \leq \bar{X}_U$ ならばそのロットを合格とする。この検査ではロットの標準偏差 σ が既知という仮定があり、一般には品物を渡す側と受け取る側で σ の値について取決めがなされている必要がある。舗装工事の場合は要綱にも解説にも $\bar{X}_U$ または $\bar{X}_L$ が示されているのみで、 σ や S_U または S_L は明示されていない。しかし表-4.1に示す管理データを用いる工事検査の合格判定値が実は S_U または S_L になっており、要綱等で仮定されている σ の値を知ることが可能である。なおすべての工程に対して $n=10$ 、上・下層路盤に対して $k=0.94$ 、表層および基層に対して $k=1.10$ がそれぞれ適用されている。

③ 計量規準型二回抜取検査（標準偏差既知）

舗装工事で適用されている方法は次のとおりである。第1回の抜取個数を $n=3$ とし、その測定値の平均 $\bar{x}_3$ が合格判定値の $\bar{X}_3$ の範囲内にあればそのロットは合格とする。 $\bar{X}_3$ の範囲外に出た場合はさらに同一ロットから3個のサンプルを抜取って合計6個の測定値の平均 $\bar{x}_6$ が合格判定値 $\bar{X}_6$ の範囲内にあればそのロットは合格とし、範囲外に出れば不合格とする。要綱等のこの方法は一回抜取検査の設計に用いたロットの不良率、標準偏差、上・下限規格値および消費者危険を変えずに設計されたものであり、結果的に生産者危険が大きくなっている。すなわち、抜取個数を少なくして検査の省力化をはかる二回抜取検査は、舗装工事の場合には生産者（工事施工者）にとっては不利となり、利害得失の比較によって選択すべきであることがわかる。

④ 計量規準型一回抜取検査（標準偏差未知）（JIS Z 9004）

1ロットから n 個のサンプルを抜き取り、所定の測定を行って平均値 $\bar{x}$ と標準偏差 s を求める。なお s は不偏分散 V の平方根である。上限規格値 S_U が与えられた場合、 $\bar{x} + k s \leq S_U$ であればそのロットを合格とする。下限規格値 S_L が与えられた場合は、 $\bar{x} - k s \geq S_L$ であればそのロットを合格とする。舗装工事ではこの検査は管理データを用いる工事検査に適用されており、上・下層路盤の各検査項目に対して $n=14$ 、 $k=0.94$ 、表層および基層に対して $n=15$ 、 $k=1.10$ である。

4-2-3 戦前におけるアスファルト舗装の品質管理と検査^{(7), (8), (9), (10)}

(1) 概要

わが国で本格的なアスファルト舗装が施工されるよ

うになったのは大正末期であり、各種の舗装構造が試験的に採り入れられた。そのうち第2次世界大戦までに最も多く採用されたものは2.5~5cm厚のシート・アスファルト舗装であり、15cm程度のコンクリート基礎の上に舗装する構造が高級舗装として交通量の多い街路に用いられた。昭和6年に内務省土木局からアスファルト舗装道示方書が発行されて標準化が進んだ他に、東京市や大阪市などの各事業主体においても独自の仕様書が出されるようになった。

(2) 示方書等における品質管理と検査

土木局のアスファルト舗装道示方書は、シート・アスファルト舗装道、アスファルトコンクリート舗装道および基礎用アスファルトコンクリートの3編からなり、それぞれ総則（厚さや勾配など）、材料基準、混合物配合、混合作業、舗設作業および検査の章から構成され、最後に一位代価表が付されている¹⁰⁾。以下、この示方書を中心に見ていくことにしたい。

1) 完了工事の検査

示方書の規定では、検査は完了した工事についてのみ行われ、舗装完了部分より30cmの供試体を切り取り、これを検査したときの表層の比重が一定値（シートアスファルトで2.0）、抽出試験により検査したとき混合物の配合が設計規格に合格することが必要とされているのみである。この検査に合格しないときは適当にこれを補修または再舗設すべきことが定められている。

ロットの大きさは明示されていないが、別の仕様書では200面坪（660 m^2 ）以上に1つ供試体を採用することが述べられている⁹⁾。

切り取り供試体についての試験項目は文献¹⁰⁾によれば、舗装厚、抽出試験による配合割合、アスファルト量、混合物比重、吸水率、軟化点、舗装空隙率、非アスファルト物質空隙率（VMAのこと）を一定の書式で報告することになっている。示方書での合格判定は比重（密度）と配合粒度について行うことになっているが、東京市の仕様書ではVMAが30%以下であることを条件⁷⁾としており興味深い。

路面の凹凸について示方書には規定していないが、東京市では6尺（180cm）以上の直線定規を道路の中心に平行に置いたとき、1/4インチ（6mm）以上の差違があってはならないとしており⁷⁾、今日の3m定規による検査方法が既に取り入れられていたことがわかる。

検査の結果で不合格となったときの具体的な取り扱い、東京市の仕様書の例で見ると、比重とアスファルト量が制限外であったときは50面坪（170 m^2 ）につい

て30cm平方の見本をとって再試験を行い、これが不合格のときは請負人の費用をもって舗設換をすることが定められている⁷⁾。

2) 材料の規定

材料として示方書にあるものは石油アスファルト、填充材(石粉)、細骨材および粗骨材である。アスファルトについてみると、項目としては比重、針入度、伸度、軟化点、引火点、蒸発減、蒸発残留物針入度、四塩化炭素可溶分などがあり、今日と大差ないものである。

アスファルトの検収は現在ではメーカーの品質証明によることになっており、これは一般の現場でアスファルトの検収試験を行うことが実際にはほとんど不可能であるためとされている。しかし当時は抜取検査が原則であったらしく、大阪市の石油アスファルト購入仕様書ではアスファルト納入の際に市の係員が次のように検査を行うことを定めている⁷⁾。まず任意に100樽(セメント樽なら1樽が100kg)を1口(ロット)とし、1口につき3樽の試験樽を選定し、この試験樽ごとに供試量を抽出して品質試験を行う。この試験において不合格のものがあるときにはその1口すべてを不合格とする。このようにこの当時としては珍しいことではあるが、抜取試験の手法も取り入れられていたことがわかる。しかし統計的な意味づけが行われていたかどうか不明である。

3) 配合の規定

混合物の配合は骨材の各ふるい目ごとの重量百分率の範囲とアスファルトの重量百分率で表わされるが、配合試験についての規定はない。この当時には安定度の概念はあったが、それを測定する方法が確立されていなかったため、経験により標準配合を決めていたのである。

注目すべき規定として、東京市のシートアスファルト舗装仕様書では、配合表を与え、この配合の骨材を内径5cm、深さ10cmの型枠を用い、3000lb/in²(21kgf/cm²)の圧力にて1分間加圧し、作製した験体の空隙率(今日のVWA、骨材間隙率)は30%以下という条項がある⁷⁾。この当時は既にアスファルト混合物の配合について空隙理論と表面積理論が紹介されており⁹⁾、また日常の舗装切取試験の中でVMAを報告することになっていたこと¹⁰⁾から、ある程度の配合試験的な考察は行われていたものと解釈できる。また文献¹⁰⁾によれば、ある工事の切取供試体を試験した機関が、現場における混合物の比重、空隙率およびVMAの評価を行った

ところ、転圧効果が十分でありその舗装はち密であると認めている報告書が掲載されており、混合物の品質については一定の評価が今日と同じようになされていたことがわかる。しかし表に示されている数値を見ると、たとえば4日間の舗装工事で17供試体のアスファルト量の範囲が8.7~11.1% ($\bar{x}=10.0\%$, $\sigma_{n-1}=0.82\%$)、空隙率の範囲が1.0~10.3% ($\bar{x}=7.2\%$, $\sigma_{n-1}=2.3\%$)、VMAの範囲が22.2~32.4% ($\bar{x}=28.0\%$, $\sigma_{n-1}=2.7\%$)とかなりの変動が認められ、施工における均質性にはまだ問題が残っていたと考えるべきであろう。

4) 施工中の品質管理

示方書には加熱温度、混合時間、現場到着時の温度、天候の条件などの規定があり、転圧の方向やレーキなどの使用方法も示されている。

施工中のアスファルト混合物の適否の判定について示方書では述べられていないが、この当時には斑点試験によるアスファルト量の管理方法が提案されていた。この試験はミキサから少量の混合物を採って温度を測定したあと、マニラ紙の上に置いて混合物を包み板で強く打つものである。このとき紙に残るアスファルトの斑点の濃淡を観察し同時に温度を考慮して、アスファルト量の過不足や骨材の適否などを判定する¹⁰⁾。しかし、現場で熟練した作業員は肉眼で容易に判別することができたということであり、斑点試験は一般的には使われなかったようである。

(3) まとめ

以上概観してきたように、戦前におけるアスファルト舗装では、示方書等で明記されていない場合も多いが、出来形や混合物の品質を保持しようと努力していたこと、またその項目も今日行われている品質管理項目と大差がないことがわかる。しかし大きな相違が次の3点に見出されるのである。

- ① 品質を保持しようという意図は認められるが、それを一定の範囲内で管理しようという意識は明らかではない。つまり今日的な意味における品質管理の概念が欠如している。
- ② 検査は行われており、またペナルティの概念も見出されるが、契約条件のひとつの行為としての検査という考え方が希薄である。これについては、請負制度が当時は未発達であったことにも原因があると考えられる。
- ③ 抜取検査は形の上では存在し、ロットの概念もあったが、統計学的な意味づけが認められない。

特に③については戦後の品質管理の研究と普及を待たなければならなかったのは、次節で述べるとおりである。

4-2-4 戦後における舗装の品質管理と検査の発展

(1) 概要

今日では品質管理、あるいはQCという用語は、日常的に広く使われている。第2次大戦後にアメリカ合衆国から導入された品質管理の概念は、わが国固有の職場環境に融合し、製造工場を中心にQC運動となり、あるいは全社的にこれを拡大し、市場調査から研究開発、製造、販売あるいは財務や人事・研修などの企業活動の全段階にわたる参加を求めるTQC（総合的品質管理）へと発展し、今日の日本の発展の礎となっている。このように品質管理という言葉は現在では広い意味で使われることが多いが、その基礎はあくまで統計学に基礎を置いた狭い意味における品質管理（これを統計的品質管理、SQCと呼ぶ）にあることは明らかであり、この視点を見失ってはならないだろう。

統計的品質管理の技法を具体的にみると、管理図法、抜取検査法、実験計画法、統計的方法などがあげられる。舗装技術の中ではこのうち管理図法と抜取検査法が主に利用されており、特に抜取検査は4-2-2でみたように非常に精密な体系を持っている。しかしこれも一日でできたものではなく、30年余りの歴史を経て現在の姿となったものである。この経緯をJISによる品質管理関係の規格の制定と舗装要綱の変遷からみていくこととしたい。舗装の各種要綱類の品質管理と検査に関する主な特徴とJISその他の活動を年代順にまとめたものが表-4.2である。

(2) 戦後における品質管理の研究と規格化

わが国において統計的品質管理の本格的な研究が行われるようになったのは、第2次世界大戦後のことである。

昭和22年より日本科学技術連盟が中心となってZ 1.1, 1.2, 1.3の解説が始められた¹¹⁾。また、昭和25年には日本規格協会に品質管理方式委員会が設置され、その中の抜取検査部会において抜取検査関係のJISの原案作成が行われることとなった¹²⁾。同じく昭和25年には、そののちに統計的品質管理に貢献した企業や個人に贈られるデミング賞に名を残すこととなるアメリカ合衆国の応用数学者 W. Edwards Deming が来日し、統計的品質管理の指導を行っている¹¹⁾。この Deming の援助により ASTM の品質管理必携 (ASTM Manual

on Quality Control of Materials) の翻訳が昭和27年に日本科学技術連盟によって行われた。

ASTM品質管理必携はZ 1の制定にあたり合衆国軍部が参考資料としたもので、データの統計的なまとめ方、測定値の平均値の区間推定、および管理図法について平易に解説しており、何度かの改訂をうけて今日でもまだ米国においては利用されている¹³⁾。この翻訳文献は管理図法についてわが国にその体系を伝えたものとしてはごく初期の文献であろうと考えられる。これを参考として JIS Z 9021 管理図法が昭和29年に制定され、今日でも適用されている。

抜取検査についてみると、合衆国軍用規格が大戦後に整統合され国防省のMIL規格となった。わが国では日本規格協会がMIL規格を参考としながらJISの原案が作られ、昭和28年にJIS Z 9001 抜取検査通則が制定され、昭和62年までに9件の抜取検査のJIS化が行われている。

日本規格協会ではこれらの統計的品質管理手法のJIS化の他に、品質管理関係の用語や記号の整理と定義のJIS化や統計的方法のJIS化を行っており、日本科学技術連盟のQC運動の普及活動とならんで、わが国における統計的品質管理を推進する原動力となって今日に至っている。

(3) 各種要綱類の変遷

日本道路協会の発行するアスファルト舗装要綱、セメントコンクリート舗装要綱およびアスファルト舗装工事共通仕様書（解説）の年代と品質管理・検査関係の主な内容は表-4.2に示すとおりである。これらをつくつかのテーマごとに見ていくことにしたい。

1) 品質管理と検査の概念

要綱類で初めて品質管理という用語が現れるのは、昭和30年版のセメントコンクリート舗装要綱である。この要綱ではコンクリートの品質管理に1章があてられており、品質管理の目的はコンクリートの品質を均一にして舗装工事の信頼度および経済性を高めることとされている。検査については品質管理の一貫としての検査であって、現在の工事検査という概念ではない。昭和36年版アスファルト舗装要綱や昭和39年版セメントコンクリート舗装要綱でも同様であり、前者では検査の判定は品質管理の結果によって行うとしており、また後者では検査という項目そのものが無い。

昭和42年版のアスファルト舗装要綱で初めて品質管理および検査が1章として取り扱われている。品質管理とは設計書・仕様書に示された規格を満足する舗装

表-4.2 舗装の品質管理と検査の変遷

年 代		コンクリート舗装要綱	アスファルト舗装要綱
昭和	西暦		
22	1947		
23	1948	◎道路工法新書第4集	
24	1949		
25	1950		◎道路工法双書第6集 ・プラントおよび現場作業の監督検査
26	1951		
27	1952		
28	1953		
29	1954		
30	1955	◎道路工法双書第9集	
31	1956	┌ ・コンクリートの品質管理 ・試験資料のまとめ方 ・管理図	
32	1957	└ ・コンクリートの目標強度	
33	1958		
34	1959		
35	1960		
36	1961		◎昭和36年版 ┌ ・材料と混合物の品質管理 ・検査の判定は品質管理の結果により判定する
37	1962		
38	1963		
39	1964	◎昭和39年版	
40	1965	┌ ・各工種ごとの施工管理 ・コンクリートの配合の管理として試験値のXと不偏分散uの検定 ・設計C B Rの計算で異常値の棄却検定 ・路床密度の試験で2回抜取検査 ・検査という項目が皆無	
41	1966		
42	1967		◎昭和42年版 ┌ ・品質管理の目的と手順の明文化 ・工程能力図（管理図）による日常管理 ・品質管理項目と頻度・規格値の数表化 ・一工事区間を1ロットとし、 $\bar{x}_{10}$ による合格判定（計量1回抜取） ・検査基準の数表化
43	1968		
44	1969		
45	1970		
46	1971		
47	1972	◎昭和47年版	
48	1973	┌ ・基準試験、品質および出来形管理、検査を区分、1ロットは10,000㎡以下 ・品質および出来形管理は標準的頻度と管理限界を示す。数表化。 ・コンクリートの管理はJIS Z 9021、Z 9023などの管理図による。 ・合格判定値は出来形と品質に分離し数表化 ・コンクリート曲げ強度は計量一回準用、 σ は不偏分散の平方根、nは可変。 ・厚さはn=10、計数一回と計量一回併用 ・その他はn=10、計量一回抜取検査	
49	1974		
50	1975		◎昭和50年版 ┌ ・検査の合格判定は45年版仕様書解説と同じ ・その他は42年版要綱と同じ
51	1976		
52	1977		
53	1978		
54	1979		◎昭和53年版 ┌ ・基準試験、試験施工、出来形および品質の管理、検査の4区分 ・50年版の検査方法に管理データによる検査（JIS Z 9004）が追加された。 ・出来形および品質の管理では測定頻度と標準的な管理の限界が示されている。
55	1980	◎昭和55年版	
56	1981	┌ ・コンクリート曲げ強度規定一部変更（少数データの場合JIS A 5308の適用）	
57	1982		
58	1983		
59	1984	◎58年度版	
60	1985	┌ ・基準試験の合否の判定が検査対象 ・出来形の合格判定値は抜取りの場合と管理データ（JIS Z 9004）の2種 ・品質の合格判定値は抜取り（計量一回、または計量二回）と管理データの2種 ・コンクリート曲げ強度は管理データによることを明記	
61	1986		
62	1987		
63	1988		

年 代		アスファルト舗装工事共通仕様書	J I Sその他の活動
昭和	西暦		
22	1947		・日科技連 Z 1.1, 1.2, 1.3 の研究
23	1948		
24	1949		・日本規格協会 品質管理方式委員会設置 ・W.E.Deming 来 日
25	1950		
26	1951		
27	1952		・日科技連 A S T M品質管理必携の翻訳
28	1953		・JIS Z 9001 抜取検査通則 ・JIS Z 9002 計数規準型一回抜取検査
29	1954		・JIS Z 9003 計量規準型一回抜取検査 (σ 既知) ・JIS Z 9021 管理図法
30	1955		・JIS Z 9004 計量規準型一回抜取検査 (σ 未知)
31	1956		・JIS Z 9006 計数選別型一回抜取検査
32	1957		・JIS Z 9008 計数連続生産型抜取検査 (不良個数)
33	1958		
34	1959		・JIS Z 9022 メジアン管理図
35	1960		
36	1961		
37	1962		・JIS Z 9009 計数規準型逐次抜取検査 ・JIS Z 9010 計量規準型逐次抜取検査
38	1963		・JIS Z 9011 計数調整型一回抜取検査 ・JIS Z 9023 x 管理図
39	1964		
40	1965		
41	1966		
42	1967	・出来形および品質管理は請負者が実施 ・合格判定値のみ示し、品質管理基準は示さない ・1 ロットは10,000m²以下 ・合格判定値は出来形と品質に分離し数表化 ・現行の抜取検査と同じ方式 (厚さは計数一回と計量一回の併用、品質は計量一回または計量二回のいずれか)	
43	1968		
44	1969		
45	1970		◎共通仕様書 (昭和45年版)
46	1971		・JIS Z 9015 計数調整型抜取検査 (供給者選択型)
47	1972	◎共通仕様書解説 ・45年版仕様書と同じ	
48	1973		・遠藤, 斉藤「道路舗装の品質管理」鹿島出版会
49	1974		
50	1975	◎共通仕様書解説書 昭和50年版 ・45年版仕様書と同じ	
51	1976		
52	1977		
53	1978		
54	1979	◎共通仕様書解説 昭和54年版 ・50年版に管理データによる検査 (JIS Z 9004) が追加された ・基準試験の規定	
55	1980		
56	1981		
57	1982		
58	1983		
59	1984		
60	1985		
61	1986		
62	1987		
63	1988		

を経済的に作るためにとられる手段であり、具体的には舗装の品質を客観的に評価する各種試験を工事中一定間隔で連続して行い、その結果を統計的に処理して以後の工事に役立たせることと述べられている。また検査の目的は完成した舗装が設計書、仕様書を満足するものであるか否かを判定することであり、検査に合格することは受注者側から発注者側へ引き渡される際の舗装の品質保証がなされることを意味するものである、とされている。さらに、一般に品質管理は工事の受注者が行い、検査は発注者が行うものと規定されている。このように、現在の品質管理と検査の概念は昭和42年版のアスファルト舗装要綱で初めて確立されたといえよう。

2) 管理図

管理図は品質の異常な変動を見出すために非常に重要な手法であるが、手法そのものは簡易であることから、抜取検査と比べて品質管理技術の大きなテーマとはなり難い面がある。舗装要綱類ではすでに昭和30年版のセメントコンクリート舗装要綱に手法が詳しく説明されている。その後、昭和42年版アスファルト舗装要綱からすべての要綱に記載されて今日に至っている。

昭和30年版のセメントコンクリート舗装要綱は非常に特異な要綱であると考えられる。先に述べたように品質管理という用語を初めて用いた他、管理図の説明、さらに試験資料のまとめ方に関する統計学的な説明など、抜取検査を除く統計的品質管理の重要な手法を記述しているからである。この頃の事情を知ることでは困難ではあるが、わが国における統計的品質管理の萌芽期にあったことがひとつの原因ではないかと推定される。たとえばこの要綱の品質管理関係の図面7葉のうち3葉がASTM品質管理必携¹⁾に掲載された図面と完全に一致していることが見出される。一方ASTM品質管理必携の内容はデータのまとめ方、測定値の平均の区間推定、および管理図法の3部からなりその2つが要綱の記載内容と一致している他、抜取検査は両方とも記述していないという共通点が見出される。このように昭和30年版のセメントコンクリート舗装要綱にはASTM品質管理必携の何らかの影響があったものと考えられる。

3) 抜取検査

昭和39年版セメントコンクリート舗装要綱では、密度の測定に対して2回抜取検査（最初の抜取個数＝1、2回めの抜取個数＝2）を規定しているが、これは統計的な根拠にもとづくものか疑問が残る。

現在の抜取検査に近い方法は昭和42年版アスファルト舗装要綱に規定された方法である。42年版では1ロットが一工事区間であり、ランダムに10個の試料を抜取って各特性値を計測し、平均値 $\bar{x}_{10}$ が合格判定値を満足すれば合格とする計量規準型一回抜取検査である。

昭和45年版共通仕様書では現在の抜取検査による合格判定と同じ方法が規定されている。すなわち1ロットは10,000㎡以下とし、合格判定値を出来形と品質に分け、厚さに対しては $n=10$ として計数規準型一回抜取検査と計量規準型一回抜取検査を適用し、品質に対しては計量規準型一回抜取検査（ $n=10$ ）もしくは計量規準型二回抜取検査（第1回抜取 $n=3$ 、第2回抜取 $n=3$ で合計6とする）を適用するものである。

品質管理データによって合格判定をする方法は昭和53年版アスファルト舗装要綱で初めて採用され、セメントコンクリート舗装要綱では昭和58年版から規定されている。

4) 基準試験と試験施工

基準試験は工事を開始するに当たって材料や機械が適正なものであることを確かめ、かつ管理するうえで必要な基準値を得るために請負人が行うものである。これは昭和47年版セメントコンクリート舗装要綱で初めて規定されたもので、4-2-1で述べた購入検査あるいは初物検査に相当する。アスファルト舗装要綱では昭和53年版で規定され、また同時に試験施工も項目のひとつとして規定されている。試験施工は混合所における試験練りと舗装現場における狭義の試験施工に分けられる。昭和58年版セメントコンクリート舗装要綱では基準試験も可否の判定の対象となっている。

(4) まとめ

以上見てきたように、戦後の舗装の品質管理と検査の手法はわが国の統計的品質管理手法の発展と深い関わりを持ちながら進歩してきたものである。舗装技術に限ってみれば次のように要約できるであろう。

- ① 品質管理の概念がまず導入された反面、検査という用語には品質管理の一環としての検査と発注者が行う工事検査の両方の概念が混同されており、両者の区分は昭和42年版アスファルト舗装要綱において初めて明確にされた。
- ② 手法としては管理図が初期の頃より導入されたのに対し、抜取検査による工事検査（可否判定）の導入は遅く、昭和42年版アスファルト舗装要綱の中で行われた。これは①で述べたように、検査の明確な区分にともなうものであろう。

③ 抜取検査はひとたび導入されると、その精密さを増していった。計数型や計量二回抜取検査が適用され、また管理データを用いた標準偏差未知の場合の計量型検査も導入された。

④ 基準試験の概念は古くからあったと考えられるが、その規定は最近になってなされた。これは工事の記録などを整理し将来の解析などに使う必要性が認識されたためであろう。

この節では戦後の舗装の品質管理と検査の変遷を、(独)日本道路協会の要綱類を中心に見てきた。この見かたは実は一面を見ているにすぎない。舗装の品質管理は日本道路協会の要綱類だけに述べられているのではなく、アメリカ合衆国やあるいはわが国の中にも日本道路公団などで異なった品質管理の手法がとられていることは周知の事実であり、これらを本章では考察すべきであった。抜取検査の導入過程もあるいは判明したかもしれない。しかし要綱類以外の文献を調査することは時間的制約からほとんど不可能であり、あえて要綱類に限って本節をまとめたものである。また要綱類に限ってみても、抜取検査の標準偏差を既知として扱っていることや上・下限値を規定するのではなく合格判定値を規定している点など、検討すべき事項も残っている。いずれも今後の研究に期待することとしたい。

4-3 米国、英国の出来形および品質基準

諸外国の出来形および品質基準は、工事規模、施工管理と検査の方法等がわが国の実情にそぐわないこともあり、舗装厚の設計法や材料規格などに比べてこれまで紹介される機会が少なかった。ここでは米国、英国における検査項目と基準値についてその概略を紹介する。

4-3-1 出来形、品質基準に関する技術基準の概要

調査した技術基準は表-4.3のとおりである。以下に概要を示す。

(1) 米国

① AASHTO

AASHTOの技術基準は、広大な国土をもつ米国全体で共通して使用できる仕様という点を重視したものである。したがって、AASHTOでは各州道路局における極端に詳細な点を除いた項目を検査項目にとりあげ、それに対する推奨値を示している。これは各州の実情に応じた舗装の設計・施工が適切に行えるよ

うに配慮したことによる。

② ASTM

ASTMは材料規格とそれに関連した試験法を規定したものであり、出来形、品質基準についてはあまり触れられていない。なお、ASTMの材料規格、試験法は米国だけでなく多くの国で技術者の必携すべき資料として利用されている。

③ AI

AIは舗装技術に関する一連のマニュアルを刊行しており、その内容は広大な米国の各地の実情に対応できるように柔軟なものとなっている。AIのマニュアルはアスファルト系の舗装材料が中心で、セメントや石灰系の材料は取り扱っていない。

④ カリフォルニア州

カリフォルニア州は米国の中でも舗装技術の開発に積極的であり、独自の舗装構造設計法を採用しており、これに対応して基準も米国の他の機関と異なる点が多い。たとえば、施工管理に統計手法として移動平均を採用している点などである。

(2) 英国

英国における舗装工事に関する規格、仕様のうち、使用する材料の種類、施工法、出来形・品質基準に関しては、「Specification for Road and Bridge Works」に示されている。また材料の規格とその試験法は、BSで規定されている。

4-3-2 出来形基準

出来形基準は表-4.4に示す。出来形の規定方法としては、AASHTOが平坦性を取り上げ、AIが厚さを設計厚以上とした上で平坦性を規定し、カリフォルニア州と英国では仕上がり高さで平坦性を規定してい

表-4.3 調査した技術基準

国名・機関名		出来形・品質基準に関する技術基準
米国	AASHTO	Guide Specifications for Highway Construction, 1984
	ASTM	1987 Annual Book of ASTM Standards-Section 4, Construction : Volume 04.03.
	AI	Thickness Design (MS-1), 1981 Asphalt Cold-Mix Manual (MS-14), 1977 Basic Asphalt Emulsion Manual (MS-19), 1986 Model Construction Specifications for Asphalt Concrete and Other Plant-Mix Types (SS-1), 1975
	カリフォルニア州	Standard Specifications, 1981
英国		Specification for Road and Bridge Works, 1985

る。このように米国、英国では比較的平坦性の規定が重視されているようである。なお、ASTMには出来形基準は示されていない。

4-3-3 品質基準

(1) 締固め度

締固め基準を表-4.5に示す。

米国の各機関とも室内供試体の密度（粒状路盤材で

は最大乾燥密度、アスファルト混合物ではマーシャル基準密度）に対する締固め度を規定しているが、カリフォルニア州ではアスファルト混合物について転圧温度、転圧機種を規定する工法規定を用いている。各締

表-4.4 出来形基準の比較

国名・機関名 項 目		米 国			英 国
		AASHTO	A I	カリフォルニア州	
下 層 路 盤	高さ (cm)			± 2.4以内 (ton 検測) - 2.4~+0 以内 (m ³ 検測)	- 3 ~ + 2
粒調 (粒状) 路盤	高さ (cm)			± 1.5以内 (ton,m ³ 検測)	± 1.5以内
瀝青安定処理	高さ (cm)				± 1.5以内
	厚さ		設計厚以上		
	平坦性 (mm)	± 6.4以内	± 5 以内 (縦断) ± 8 以内 (横断)	± 3 以内 (縦断) ± 6 以内 (横断)	± 14 以内
セメント・石灰 安定処理	高さ (cm)			± 1.5以内 (セメント, ton, m ³ 検測) ± 2.4以内 (石灰,ton 検測) - 2.4~0 (石灰, m ³ 検測)	± 1.5以内 (セメント)
	平坦性 (mm)	±12.7以内 (セメント)		± 3 以内 (縦断) ± 6 以内 (横断)	± 14 以内 (セメント)
基 層	高さ (cm)				± 0.6以内
	厚さ		設計厚以上		
	平坦性 (mm)		± 3 以内 (縦断) ± 6 以内 (横断)		± 10 以内
表 層	高さ (cm)				
	厚さ		設計厚以上		
	平坦性 (mm)	± 4.6以内	± 3 以内 (縦断) ± 6 以内 (横断)	± 3 以内 (縦断) ± 6 以内 (横断)	± 5 以内
備 考		平坦性の測定は、3 mストレートエッジによる。		平坦性の測定は、3.6mストレートエッジによる。	平坦性の基準は、表層にロールドアスファルトを用いた場合である。測定は、3 mストレートエッジによる。平坦性の基準として、表中の値の他に不陸の最大許容個数の規定がある。

表-4.5 締固め基準の比較

国名・機関名 項 目		米 国			英 国
		AASHTO	ASTM	A I	
下層路盤			98以上	100 以上 (平均)	工 法 規 定
粒調路盤	95 以上	98以上		95 以上	
瀝青安定処理	95 以上		95 以上 (個々) 97 以上 (平均)	工法規定	
セメント・石灰安定処理	95 以上			95 以上	
基 層	95 以上		95 以上 (個々) 96 以上 (平均)	工法規定	
表 層	95 以上				
備 考			転圧条件 (温度等) を詳細に規定している。	アスファルト混合物は工法規定による。	リーコンクリートは理論最大密度の95%以上

注) 表中の数値は締固め度 (%) を示す。

固め基準をみると、ASTMの粒状路盤材（基準値98%以上）、AIの下層路盤材（基準値100%以上）の規定が調査した中では高い締固め度を要求している。

英国の締固め基準は、リーコンクリート以外はすべて工法規定となっている。これは規格を満足する材料であれば、ある一定の締固め方法により十分な締固め度が確保されるという考えにもとづくものである。瀝青系以外の材料では、使用する転圧機種種の転圧回数で規定している。瀝青系材料は、一層あたりの締固め厚さの範囲、混合・運搬・転圧温度について混合物の種類ごとに詳細に規定している。

(2) 粒 度

各機関が粒度の管理基準として設定しているふるい目を表-4.6に示す。アスファルト混合物については、カリフォルニア州、英国を除く機関が多種のふるい目の通過量について規定している。一方、路盤材料については、ASTMで粒状材料について規定している他は特に基準値を設けていない。

なお、0.075mmふるい通過量（アスファルト混合物）の管理基準値は、AASHTO $\pm 2\%$ 、ASTMとAI $\pm 3\%$ 、英国（ロードアスファルト） $\pm 1.5\%$ となっている。

(3) アスファルト量

アスファルト量の管理基準値は、AASHTO $\pm 0.4\%$ 、ASTM、AI、カリフォルニア州 $\pm 0.5\%$ 、英国（ロードアスファルト） $\pm 0.6\%$ となっている。なお、英国ではアスファルト混合物の抽出試験による粗骨材量の設計量からの増減に応じて抽出アスファルト量、抽出0.075mmふるい通過量を補正する方法を用いている。

(4) その他

その他の基準としては、ASTMで回収アスファルトの針入度および粘度の下限値を規定しており、英国ではセメント系路盤材料の圧縮強度基準を設定している。

4-4 海外における新しい品質管理手法

工事の需要が増大してもこれに見合った人員を増やさなければ、技術者ひとりひとりが果たすべき仕事量は増大する。個人的な仕事の分担が増えすぎると、施工の質的な面に疑問が生じる。いかに少ない人員でより多くの工事量をこなしていくかという意味において、品質管理の合理化は重要である。

この対策手法の一つとして、海外では比較的一般的なエンドリザルト方式（責任施工制度）について紹介する。

4-4-1 エンドリザルト方式

各自の仕事量を適正範囲内に保つ方策としては、施工管理委託と責任施工制度が考えられる。

施工管理委託は、品質管理の方法はそのままに、施工管理業務を第三者に委託するもので、わが国でも広く取り入れられているが、業務の一部を他者に転化しただけであり、直接品質管理の向上や合理化に結び付くとは言い難い。

これに対し、責任施工制度とは、発注者が工事を直接コントロールあるいは監視することなく、モニターすることで品質を管理しようとする方法であり、請負人に課せられた責任の程度により、

- ① チェックポイント方式（中間検査方式）
- ② セミ・エンドリザルト方式（最終段階検査中間

表-4.6 粒度の管理基準の比較

項目	国名・機関名	米 国				英 国
		AASHTO	ASTM	AI	カリフォルニア州	
粒状材料 (下層路盤)			50, 37.5, 4.75, 0.075			・上層路盤、基層用材料について粗骨材量を規定 ・基層、表層用ロードアスファルトについて0.075mm通過量を規定
粒状材料 (上層路盤)			50, 37.5, 19.0, 9.5, 4.75, 0.6, 0.075			
アスファルト 混合物		25, 19, 4.75, 2.36, 0.15, 0.075	12.5, 9.5, 4.75, 2.36, 1.18, 0.6, 0.3, 0.075	12.5, 9.5, 2.36, 0.6, 0.15, 0.075	ふるい目 9.5, 4.75, 2.36, 0.6 のうち混合物の種類に応じて1~3種のふるい目の通過量で規定	

方式)

③ フル・エンドリザルト方式 (最終段階検査方式) に分けられる¹⁴⁾。

チェックポイント方式は、品質管理は請負人に任せるが、工事の各段階ごとに発注者が出来形や品質の検査を行い、確認したうえで次の段階へ進む方式である。

セミ・エンドリザルト方式は、工事完成後では確認の困難な路床準備工や路盤工等について各工種完成ごとの必要段階に検査を行い、アスファルト舗装工はフル・エンドリザルト方式により行うという方式である。

フル・エンドリザルト方式は、工事施工過程のいかなる段階においても中間検査を行わず、一切を請負人に任せ、工事終了後に出来形および品質を検査し、その結果によって合否を判定する方法である。

三者の内では、フル・エンドリザルト方式が最も合理化された方式である。

エンドリザルト方式は、第2次世界大戦以降、軍によって開発された統計学を応用した合否判定方法 (たとえば、管理図法の応用) や1956~58年のAASHO道路試験により品質判定に関する基礎が固まると、1960年代に発達し、1971年¹⁵⁾、1976年¹⁶⁾にはTRBに特集が取り上げられるまでに成長した。現在では、品質管理手法 (契約方法) として、海外では広く取り入れられており、かなり一般化した方式である。

4-4-2 エンドリザルト方式の実際

エンドリザルト方式の基本は品質管理に統計学を応用していること、および最終的な検査による出来ばえの程度によって契約金額を修正して支払いを行うこと (減額受取制) にある。このうち、前者の品質管理に統計学を援用していることに関しては、わが国でも1960年代後半に行われた責任施工制度の検討を通じて取り入れられ、今日、アスファルト舗装要綱 (昭和53年度版) にも「6-4 出来形および品質の管理」の中に見られる。

後者の減額受取制とは、日常我々は商品を購入する場合、最終成果品としての商品を選択し (検査)、さらに値切る (出来ばえによって減額する) ことによって希望する商品を手に入れるが、このシステムを公共の工事契約にも取り入れたものである。

過去の実績等から、契約時に出来ばえの程度と支払率の関係を図-4.1のように規定しておけば、それぞれ検査項目における欠陥率とそのときの支払率を求めることによって、最終的な支払金額は次式から求められる。

$$P = A \times x_1 \times x_2 \times \dots$$

ただし P : 最終的な支払金額

A : 契約金額

x_1 : 支払率

エンドリザルト方式は、統計学の応用と減額受取制の連係によって工事施工途中の品質管理の合理化と適

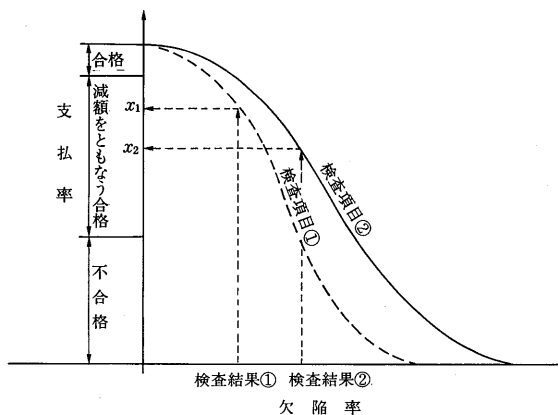


図-4.1 欠陥率と支払率

正妥当な支払いを実現した契約方法と言える。

エンドリザルト方式による利点として、

- ① 発注者と請負人の責任分界が明確にされる。
- ② 技術経費が節約できる。
- ③ 請負人は材料や設備の選択幅を広げ、仕様に合った最も経済的な計画が可能となる。
- ④ 請負人は判断基準をロット単位の合否判定にすることができ。

また、欠点としては、

- ① 請負人によって選択が行われることに対する発注者の抵抗感。
- ② スポット・チェックに検査担当人員が余分にいる。
- ③ 品質低下の防止に減額受取制が十分に機能するか。

などが指摘されている¹⁶⁾。

4-4-3 わが国におけるエンドリザルト方式、今後の課題

昭和36年、第3次道路整備5か年計画が決まり、公共事業量が増大したころ、建設省においてチェックポイント方式が、日本道路公団においてエンドリザルト方式が、それぞれ検討されたことがある。しかしながら、減額受取制を伴うエンドリザルト方式が正式に採用されるには至らず、現在では減額されることのない

チェックポイント方式に落ち着いた感がある。(図-4.2)

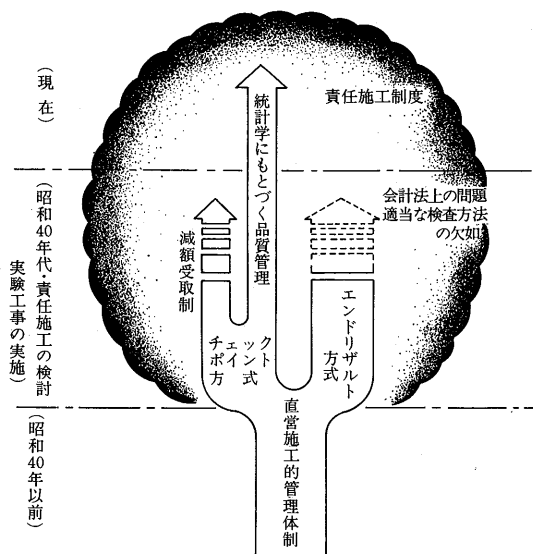


図-4.2 わが国の責任施工制度

合理化という意味からすればフル・エンドリザルト方式が最も望ましいが、減額受取制を含めてわが国に適用する場合、公共事業では会計法上の制約も考えられる。法改正の是非を別にすれば、契約方法に、

① 性能発注方式

建設しようとする構造物の目的・用途および必要とする性能その他の条件のみを発注者が示し、これに基づいて受注者が設計施工まで一貫して請負う方式。

② 代案入札方式

業者側の創意工夫、技術開発等により、さらに良い代案があれば、代案により入札してもよいとする制度。

③ V. E. 条項付契約方式(V. E. = Value Engineering)

請負人が受注した工事の内容について技術的な改良案を提起し、それによって全体の工事費が節減された場合、その節減利益の半額を報奨金として業者に与える制度。

④ 報奨金付契約方式

請負人の企業努力により契約工期より早く完成できた場合、あるいは品質において仕様書に規定されたものより良好なものを仕上げた場合等、その程度により報奨金が与えられる制度。

等14)を導入することにより、統計学にもとづいた品質管理をより有効に機能させる方策を検討するとともに、施工途中の立会いによる確認を省いても、最終段階の

合理的な検査で出来形、品質等を判定できる検査方法の確立が重要な課題である。

4-5 アスファルト舗装の締固め管理用機器

4-5-1 米国におけるアスファルト舗装の締固め管理

アスファルト舗装の締固めについては、米国の州道路機関のほとんどが1960年代の終わりまで密度に関する規定を設けずに、締固め機械と締固め方法を規定する工法規定によって管理を行ってきた。この工法規定による仕様は、機械、転圧パターンおよび温度を管理すれば十分な締固めが達成できるという前提に立つものであるが、請負人が施工方法の選択ができないこと、工法規定に従っていることを確かめるために広範囲の検査作業が必要であったことなどの問題があった。そのため、1970年代になると、米国の各機関はエンドリザルト仕様を採用し、締固めの管理手法を工法規定から仕上がった舗装の密度規定に変更してコアによる密度管理を行ってきた¹⁷⁾。

しかし、このコアによる密度管理方法は、①試験に時間がかかり、費用がかかる。②試験結果がわかるのは舗装の転圧に適した温度以下になってからである。③サンプリングの頻度が少なく、大量の材料を少ないコアで代表させている。④コア採取により舗装を損傷させ、パッチングを必要とするなどの欠点が指摘されている¹⁷⁾。

このため、アスファルト舗装の締固め管理を原位置で迅速に行うことのできる方法がいくつか開発された。これらの方法には、振動ローラに加わる反力を測定することによって締固めの程度を判断する方法¹⁸⁾やR I計器(nuclear gauge)を利用する方法などがあるが、ここではR I計器による密度測定について述べることにする。

4-5-2 R I計器による密度測定

(1) R I計器の使用状況

密度測定用の機器としては、ガンマ線を放射する放射性同位元素(radioisotope、略してR I；コバルト60、セシウム137、ラジウム226などがある)を利用したR I計器が用いられている。

R I密度計器は、1950年頃米国で開発に着手され、その後多くの試作改良を経て1960年代の初期にまず土や粒状材料の測定に採用された¹⁹⁾。アスファルトコンクリートへの理由は最初遅れはしたが、前述したように、エンドリザルト仕様への移行やコアによる密度測定方

法の欠点などの理由により、この10年間に米国の多くの機関によって採用されてきた。

TRBが全米43州の技術者に対してアンケートを行った結果によると、全体の86%にあたる37の州で転圧後の舗装の密度測定にRI計器を用いていることがわかった²⁰⁾。また、別の調査からは、40州の道路機関のうち80%以上がアスファルトコンクリートの密度測定にRI計器を利用しており、それぞれの機関は平均して50台以上の計器を所有していること、さらに密度の管理にコアだけ、またはコアとRI計器と一緒に使用していた機関は50%以上であったことなどがわかった¹⁷⁾。

(2) RI計器の種類

アスファルト舗装の密度を測定するためのRI計器はその測定方式の違いにより、後方散乱型(backscatter)と透過型(direct transmission)とに区分される。後方散乱型密度計は、図-4.3に示すようにガンマ線の線源と検出器の間に鉛の遮蔽を置いて、線源からガンマ線が直接検出器に到達しないような構造になっている。線源から放射されたガンマ線は、計器の下方にある物質(アスファルト舗装の場合はアスファルト混合物)の構成分子によって散乱され、検出器に入射したガンマ線の強さが検出される。

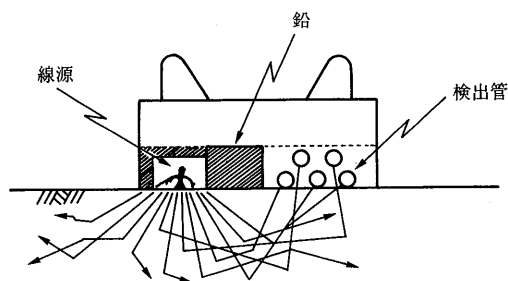


図-4.3 後方散乱型RI計器

一方、透過型密度計は、図-4.4に示すようにガンマ線の線源を先端に封入した線源棒を地中に一定の深さまで挿入し、地表面に置かれた検出器に入射する透過ガンマ線の強度から物質の密度を求めるものである。

測定値の精度は一般的には後方散乱型より透過型の方が良好であるが、アスファルト舗装の密度測定には舗装に穴をあけなくてすみ、取り扱いが簡単な後方散乱型のものが多く用いられている。

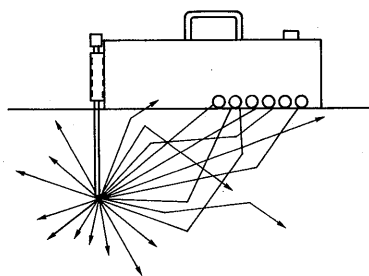


図-4.4 透過型RI計器

(3) 後方散乱型RI計器の特徴および問題点¹⁷⁾

後方散乱型RI計器には従来のコアによる密度の測定方法と異なるいくつかの特徴や問題点がある。まず第一は、測定は間接的であり、得られた密度は相対的であることである。すなわち、計器が測定するものはガンマ線の計数であるために密度を求めるためには、前もって作成した計数と密度の校正曲線が必要となる。また、測定値はアスファルト混合物の化学的組成の違いに大きく影響され、同じ密度の舗装でも骨材が違えば測定値に違いがでることもある。

この誤差を最小にし、正確な密度測定を行うために次の3つの方法が用いられている。①工事中に使用されるとされる配合で校正曲線を作る。②工事開始時に、任意の同じ場所においてRI計器とコアの両方で密度測定を行い、コア密度に対するRI計器密度の修正係数を決める。③試験舗装を設けて、ローラによる各転圧ごとにRI計器によって密度を測定する。転圧しても密度が増加しなくなったときを完全に締固められた状態とし、そのときのRI計器による密度をその工事の基準として管理する。

なお、ASTM D 2950「RI計器によるアスファルトコンクリートの原位置密度試験方法」では、上記②の方法を規定している。

第二は、RI計器は表面に近い部分により敏感に反応することである。米国における典型的な計器では、検出されるガンマ線の50~80%が舗装の上部2.5cmから、80~95%が上部5cmから来るもので、10cm以下からはほとんど来ないと言われている。この特徴は厚い層では問題がないが、オーバーレイなどの薄い層では下の材料の影響を受けることになる。この問題の解決方法としては、測定した材料の密度とその下の材料との合成密度から、計算によって上の部分だけの密度を求める方法がある。最近のRI計器のなかには既にこの計算プログラムが内蔵されているものもある。また、

R I 計器メーカーによっては、計器を改良することによって薄い層でも測定できるようにしているところもある。しかし、薄層に対する測定方法として確立された方法はなく、より良い精度を得るためにはさらに研究が必要である。

第三に、測定値が路面の凹凸に敏感であることである。R I 計器による密度とコアによる密度との誤差の大部分は舗装表面の凹凸に起因すると言われている²¹⁾。計器底面と舗装の間に空隙が生じると、検出されるガンマ線の量が増加して密度を過小評価しがちになるので、粗い路面に対しては細砂か同様の材料で隙間を埋める必要がある。

第四は、測定時間によって繰返し精度が異なることである。R I 計器では、長い時間測定したほうが正確であり、4 分間の測定では1 分間の測定の約2 倍高い精度が期待できると言われている。

4-5-3 ローラに取り付けたR I 計器^{17),22)}

最近、米国において工事請負人が締固めの施工管理に利用するための機器として、ローラに取り付けたR I 計器の開発が注目を集めている。

1983年の初めごろ、F H W A がD M D (Density Monitoring Device)と呼ばれる計器を作りだした。このD M D は、静的後方散乱計を改良したもので、転圧ローラのフレームに取り付けられ、ローラが動くにつれてアスファルト混合物の表面上を軽くスライドするようになっている。また、このD M D には新しく舗設された層の温度を監視するための赤外線温度センサもついており、ローラの運転手に密度と温度を同時に知らせることができるようになっている。

また、1983年の初期に Seaman Nuclear Corporation がD O R (Density-on-the-Run Meter) と呼ばれるローラに据え付けた連続的密度監視器を開発した。このD O R は、ローラの形をした後方散乱計で、2つの鉄輪ローラの間に置かれる。

どちらの装置も標準および振動の鉄輪ローラに使用することができる。

これらの新しい計器の性能については、これまでは限られたデータしか入手されていないために詳しいこ

とはわからないが、どちらの計器も静的に操作されれば通常のR I 計器の精度に匹敵するはずである。しかし、動いているローラに取り付けられた計器はかなりの量の舗装(標準的には20~80フィート)を平均した密度値を示すために、コアまたは静的R I 計器との比較は難しい。

この装置は、異なる場所における密度を即時に比較するには適している。そのため、転圧パターンを変えたり、振動ローラの最適振動数や振幅を調整したりすることによって、転圧機を能率的に操作するのには有用であると思われる。しかし、この装置が、絶対的な密度測定、たとえば所定の舗装区間に対する品質管理試験のための密度を正確に求めるのに適しているかどうかについては今後さらに研究する必要がある。

4-5-4 わが国におけるR I 計器

日本におけるR I 計器による密度測定の研究は昭和30年代後半にすでに行われていた。^{23),24),25)}しかし、当時の測定器に使用されていたR I は放射能が強く、法律の規制を受けたことから、品質管理機器としての本格的な導入は見送られていたようである。その後技術の発展により測定器の改良が行われ、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行令」の規制を受けない100マイクロキュリー以下のR I を利用した測定器が開発されてから実用に向けての研究が活発に行われるようになった。

現在、R I 計器による土の密度の測定方法に関しては既に実用化されているが²⁶⁾、アスファルト舗装に関しては、まだ試験・研究の段階である。(財)土木研究センターでは昭和61年度から、また日本道路公団では昭和62年度からそれぞれアスファルト舗装用のR I 計器の研究を開始しており、研究成果が待たれるところである。

文責 飯田 章夫
榎戸 靖暢
緒方 健治
田井 文夫

— 参考文献 —

- 1) 松本 洋, 抜取検査実施法, Q C テキストシリーズ6, 1963年, 日科技連出版社
- 2) 平凡社国民百科事典, 1962年, 平凡社
- 3) アスファルト舗装要綱, 昭和53年, (社)日本道路

協会

- 4) アスファルト舗装工事共通仕様書解説, 昭和54年, (社)日本道路協会
- 5) 品質管理, J I S ハンドブック14, 1987年, 日本

- 規格協会
- 6) 遠藤 靖・斉藤安司, 道路舗装の品質管理, 昭和48年, 鹿島出版会
 - 7) 村上元紀, 自動車及道路舗装技術, 昭和3年, 常磐書房
 - 8) 復興局道路工事設計規準並工事仕様書集, 昭和6年, 復興事務局
 - 9) 中間 清, 最初道路工学, 昭和9年, 淀屋書店出版部
 - 10) 末松 栄, 道路便覧, 昭和11年, 山海堂
 - 11) 日科技連SQCリサーチ・グループ, ASTM品質管理必携, 昭和27年, 日本科学技術連盟
 - 12) 朝香鉄一編, 品質管理講座抜取検査(改訂版), 1972年, 日本規格協会
 - 13) ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis, STP15D, 1976, ASTM
 - 14) (財)高速道路調査会, 責任施工制度研究報告(中間報告~その8), 昭和42年3月~昭和51年2月
 - 15) "Quality Assurance and Acceptance Procedures." HRB Special Report 118, 1971.
 - 16) "Statistically Oriented End-Result Specification.", NCHRP Synthesis of Highway Practice 38, 1976.
 - 17) Dr. Terry M. Mitchell, "Density monitoring on asphalt pavement.", Better Roads, pp.22~25, 1984.
 - 18) A.J.Ferris, "Developments in Compaction Control Systems.", Highways and Transportation, pp.2~5, 1985
 - 19) 土質工学会, 土質調査法, pp.591~607
 - 20) "Quality Assurance.", NCHRP Synthesis of Highway Practice 65, pp.17~21, 1979.
 - 21) Max L. Alexandar and Robert N. Doty, "California Study of Asphalt Concrete Density Measurement-Nuclear Versus Core Density.", ASTM STP 829, pp.80~92, 1984.
 - 22) Patric J. Campbell, Douglas H. Carter and Terry M. Mitchell, "Continuous Monitoring of Density and Temperature of Asphalt Concrete During Compaction.", Public Roads, 1983.
 - 23) 山本・水品, 道路施工管理用密度計に関する研究(その1), 土と基礎, Vol.16 No.1, 1968
 - 24) 山本・水品, 道路施工管理用密度計に関する研究(その2), 土と基礎, Vol.16 No.5, 1968
 - 25) 近藤・森芳, 放射線表面密度計でアスファルト舗装版の表層の密度を測定することができる, 土木技術資料, Vol.2 No.11, 1960
 - 26) 日本道路公団, 日本道路公団試験方法, 昭和60年10月

砂利道の歴青路面処理指針(59年版)増刷

第3刷 B5版・64ページ・実費頒価500円(送料実費)

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

5 章 維持修繕

5-1 概 説

わが国では、1966年に、道路維持修繕要綱が、(財)日本道路協会から発刊された。その内容は、当時の維持修繕技術を集大成したもので、舗装を含む道路施設に対しての維持と修繕の範囲を示し、舗装に関しては各種破損形態に対する維持修繕工法を対応させて示したものであった¹⁾。

その後、この要綱は、1978年に同じ(財)日本道路協会より発刊されたアスファルト舗装要綱の設計における考え方、およびAASHO道路試験の成果を取り入れ改訂され、現在まで、この改訂版は、わが国の道路に関する維持修繕の技術標準を示すものとなっている。

この改訂版では、舗装に関して、①供用性に対する客観的評価方法、②①の評価にもとづいた選択すべき対応工法、③CBR- T_A 法およびたわみ量によるオーバーレイ厚の設計方法について新たに示した。

①については、舗装の供用性の評価方法として路面性状の中の、ひびわれ、わだち掘れ、平坦性の3要素を変数とするPSIを導入したことにより、舗装の供用性を客観的に比較・評価することが可能となった。

このPSIは、AASHO道路試験において取り入れられた供用性の概念をわが国の舗装に適合するように改良したものであった。

②については、PSIの値によって、おおよその維持修繕の対応工法の選択が可能となった。

③については、各舗装構成層の破損水準に応じて等値換算係数が設定されたので、CBR- T_A 法により、オーバーレイ厚を求めることが可能となった。また、舗装構造の健全度を評価する指標として、たわみ量を取り上げられ、たわみ量と舗装構造の関係からオーバーレイ厚を求めることが可能となった。

この改訂版では以上のほかに、舗装に関する事項として、舗装の路面性状の調査方法を具体的に記述し、また各種破損形態に対応する維持修繕工法をより明確に示した²⁾。

この改訂により、道路舗装の維持修繕をそれまでより効果的に実施することが可能となったが、欧米諸国

の一部ではすでに計画的な維持修繕の実施をめざして維持修繕管理システムの構築が始まっていた。

その後、約10年が経過した現在、わが国においては概念でしか語られていなかった維持修繕管理システムを確立する具体化の第一歩として舗装のデータバンクシステムが構築され、運用され始めた。

本章では、以上のような効果的な維持修繕の実施をめざしてわが国が取り入れてきた技術の流れに注目し、2節で維持と修繕の区分、3節で破損形態と維持修繕工法、4節で舗装の調査および評価方法、5節で維持修繕のシステム化について取り上げ、最後に6節で維持修繕に関する今後の課題についてまとめたものである。

5-2 維持と修繕の区分

わが国の道路維持修繕要綱によると、維持と修繕は前者が道路機能を保持するための行為、後者が道路機能の回復あるいは若干の機能増強に関わる行為として区分されている。

表-5.1は、各機関における維持と修繕の区分、各々の区分に対応する代表的な工法を示したものである。まず、維持と修繕の区分を見ると、基本的にはわが国と変わらないといえるが、舗装の構造に手を加えるかどうかで区分したもの(OECD)、オーバーレイに限れば厚さで区分したもの(AI)、修繕の中でもオーバーレイを別格に扱っていたり、オーバーレイ以外の修繕工法をさらに修理に相当するものと破損の再発防止を目的とするものに分け、これらの適当な組み合わせによって処理する(AASHTO)など、細かい点では考え方に違いがある。また、対応工法も例えば表面処理や路上表層再生工法の取扱いにおいて各機関の特色が現れている。

5-3 破損形態と維持修繕工法

舗装に生じる破損は、わだち掘れ、ひびわれ、ポットホールなど各種の形態が存在する。また、同一の破損形態であっても破損原因となる欠陥部分が同一であ

表－5.1 各機関における維持修繕に関する基本的な考え方^{3)～8)}

機関または出典	維持・修繕の区分	工 法 (概 略)
AASHTO ³⁾	維持 —— 定期的、日常的な作業で、破損の再発防止もこの中に含まれる。 (Maintenance)	・19mm以下のオーバーレイ、延長の短いオーバーレイ ・パッチング ・ポットホール補修 ・クラックシーラ
	修繕 —— 将来の交通量に見合うように寿命を延長させる作業。なお、オーバーレイは、その他の修繕工法とは切り離して、構造補強工法として考えている。 (Rehabilitation)	・オーバーレイ (補強工法) 注 ・打換え (全面、部分) ・表面処理 ・リサイクリング ・開粒すべり止め層 注 オーバーレイ以外の工法は修理工法と再発防止工法を組み合わせて実施するのが好ましい
OECD ⁴⁾	Surface Maintenance (Functional) 舗装の構造的支持力を変化させずに、あるレベルの供用性を維持するための作業。表面の破損を防止、修理する作業	・薄層オーバーレイ (40mmまで) すべり止め ・切削、リサイクリング (リフォーム) ・パッチング ・表面処理 ・クラックシーラ
	Structural Maintenance 破損原因の除去や補強によって、構造的欠陥を修正する。	・オーバーレイ ・打換え ・排水対策
AI ⁵⁾⁶⁾⁷⁾	維持 —— 舗装をその建設された状態にできるだけ近く管理するために行う日常の作業 (Maintenance) 厚さ25mm以下のオーバーレイは維持工法とする。	・パッチング他 ・表面処理
	修繕 —— ひびわれが40%以上に及ぶ場合厚さ25mm以上のオーバーレイは、構造補強工法とする。 (Rehabilitation)	・サーフェイスリサイクリング ・改築 (打換え) ・薄層オーバーレイ ・開粒すべり止め層 ・構造強化のためのオーバーレイ ・構造強化のためのリサイクリング
道路維持修繕 ⁸⁾ 要綱	維持 —— 道路の機能を保持するために行われる道路の保存行為であって、一般に日常計画的に反復して行われる手入れまたは軽度な修理をさす。	・パッチング ・表面処理 ・填充 ・局部打換え
	修繕 —— 日常の手入れでは及ばない程大きくなった損傷部分の修理および施設の更新を指す。修繕とは大規模な修理であり在来施設の機能を当初築造された時の機能まで回復させ (または近づけ) あるいは若干の機能増を伴う場合まで含むものである。また、老朽化陳腐化したことによる更新も修繕に含むこととする。	・オーバーレイ ・切削打換え ・打換え

破損欠陥部分となる原因となる深さ	表・基層	① ・ポットホール ・ひびわれ	② ・コルゲーション ・ブリージング ・摩耗 ・わだち掘れ ・ひびわれ
		③ ・隆起 ・くぼみ ・ひびわれ	④ ・コルゲーション ・わだち掘れ ・ひびわれ

部分的 全面的
舗装路面上での破損の広がり

(1) 路面に現れる破損とその原因となる欠陥部の位置付け

処置の及ぶ深さ	表・基層	① ・パッチング ・打換え(局部)	⑤・オーバーレイ
		② ・表面処理 ・クラックシーラ ・切削・切削打換え ・路上表層再生 ・レールびき工法	
上・下層路床盤		③ ・打換え(局部) ・排水工	④ ・打換え ・路上再生路盤 ・排水工

部分的 全面的
舗装路面上での処置の及ぶ広がり

(2) 処置の及ぶ深さ、広がりから見た維持修繕工法の分類

図－5.1 (1)、(2)舗装路面上の破損と維持修繕工法

るとは限らない。

図－5.1の(1)は、横方向に舗装路面上での破損の広がりをも部分的、全面的の2種類、そして縦方向に破損の原因となる欠陥部分の生じる深さを表・基層、上・下

層路盤および路床の2種類に分け、舗装路面上に現れる各種破損を破損の広がりとその破損の原因となる欠陥部分とについて位置づけしたものである。

また、図－5.1の(2)は、横方向に舗装路面上での維持

なお、維持修繕工法は作業内容によって次のように特徴づけられる。

- ① 破損(欠陥)を取り除き、さらに、新しい(良質の)材料で置き換える。
 ・・・・切削オーバーレイ、部分打換え
- ② 整形する。
 ・・・・切削、リフォーム

- ③ 破損（欠陥）を覆う。
..... シールコート、パッチング
- ④ 補強する、生じた不足を補う。
..... オーバーレイ
- ⑤ 改築する。
..... 打換え

表-5.2、図-5.2は、それぞれわが国における修繕原因の実態と維持修繕工法の実績を示したものである。これによると、高速道路ではわだち掘れが主流であるが、舗装が高級なものから簡易なものへとなるに従ってひびわれに起因する修繕が多くなっている。すなわち、道路の種類によって修繕の原因となる破損形態が異なっている。また、維持修繕の工法別シェア（面積比）は、高級舗装では修繕が全体の約6割を占め、オーバーレイ、切削オーバーレイがその大半を占めている。これに対して、簡易舗装では修繕が全体の約8割

表-5.2 修繕原因の実態（施工面積比）¹⁰⁾

(单位=%)

道路の種類 実績 修繕 要因 年度	高 速 道 路		高 級 舗 装			簡易舗装 ¹⁾
	日本道路公団	首都高速道路公団	一般国道直轄事業	一般国道補助事業	都道府県道補助事業	
	58 年度	60 年度	59 年度			
わだち掘れ	82	93	26	23	19	ひびわれ率30%以上の延長約30% ひびわれ率30%未満の延長約70%
ひびわれ	13	4	26	77	81	
その他	5 ²⁾	3 ³⁾	48 ⁴⁾	—	—	

注1) 簡易舗装はひびわれ率の実態

注2) 段差・平坦性

注3) ポットホール・はく離・騒音

注4) MCI 25%, 縦断凹凸 20%, その他 3%

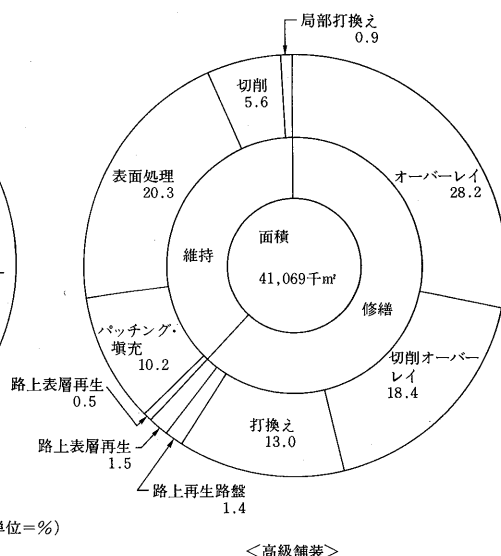
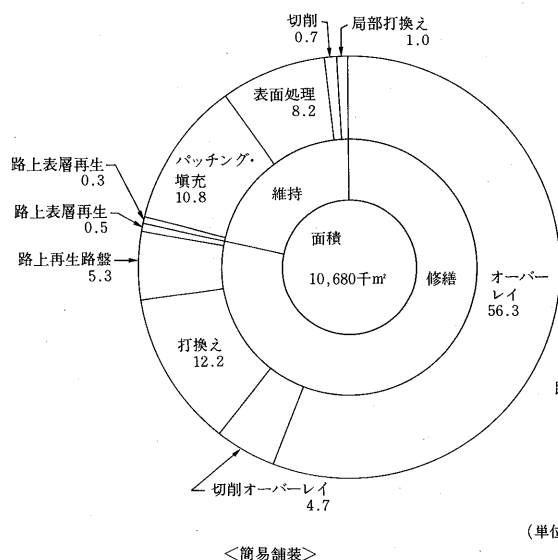


図-5.2 維持修繕面積の工法別分類（昭和60年度）

と大部分を占め、工法もオーバーレイが圧倒的に多く、前述した破損形態の実態を反映した形となっている。なお、高速道路では切削オーバーレイやオーバーレイが修繕の主流であり、打換えはほとんど行われていない。これは、高速道路のような舗装構造では、局部的なものを除いて構造的な破損が少なく、主に表層など舗装の表面部分に生じた破損が多いためと考えられる。このように、破損形態の実態や維持修繕工法（特に修繕工法）の実績は道路の種類によってかなり特徴的であることが伺われる。

5-4 舗装の調査および評価方法

維持修繕を実施するためには、舗装の路面性状および舗装構造の健全度を定量的に把握・評価し、対応処置を検討しなければならない。

以下に、路面性状および構造健全度の調査および評価方法について述べる。

5-4-1 路面性状の調査および評価方法

舗装路面の破損形態は、5-3破損形態と維持修繕工法で述べたとおり多種多様であるが、各国が取り入

表-5.3 管理項目の状況^{(12),(13),(14)}

管理項目 国・州		舗装種別	ひびわれ	段差	わだち掘れ	平坦性	コルゲーション	すべり	ポットホール	はく離	目地の破損	座屈	外観
米 国	オンタリオ州	A	○		○		○	○		○			
	ワシントン州	A	○		○		○	○		○			
		C	○	○		○		○		○			
	カリフォルニア州	A	○		○		○	○		○			
	ケベック州	A	○		○							○	○
		C	○									○	○
	ミネソタ州	A	○		○							○	○
		C	○									○	○
	フ ラ ン ス	A	○	○			○	○	○	○			
	カ ナ ダ	A	○	○		○	○	○					○
日 本	英 国	A	○		○		○	○		○			
	オ ラ ン ダ	A	○		○								
	ス イ ス	A	○		○	○	○	○		○			
	自動車専用道路	A	○	○		○	○	○	○			○	○
		C	○	○	○	○	○	○				○	○
	交通量の多い一般道路	A	○	○		○	○	○	○			○	○
		C	○	○	○	○	○	○				○	○
	交通量の少ない一般道路	A	○	○			○		○			○	○
		C	○	○		○						○	○

注) 舗装種別 A: アスファルト舗装, C: コンクリート舗装

れている維持修繕のための路面性状に関する管理項目は、表-5.3に示すとおりであり、重要度を別にすれば、各国とも同様な項目を対象としているといえよう。

(1) 調査方法

舗装の路面性状を調査する方法には、目視観察による方法と測定装置を用いる方法がある。目視観察による方法はランク判定によるものがほとんどであり、その内容は国や機関により極めて多様である。また、測定装置を用いる方法は、表-5.4に示すように路面性状の種類に応じて各種の装置が開発・利用されている。中でも、ひびわれ、わだち掘れ、平坦性の測定に用いられている自動測定装置は、測定の省力化、高速化を目的に開発され、発展してきており、現在では車載式で通常の走行速度で大規模な測定が行え、交通への障害も最小限に抑えることが可能となっている。しかし、小規模、局部的な箇所についての調査方法については、目視観察や手動式測定装置の方法が適している場合があり、目的に応じて使い分けるべきであろう。

表-5.4 測定装置の利用状況

管理項目	測定装置及び測定法	利 用 国
ひびわれ	①自動測定装置（連続写真、レーザー） ②ビデオ ③コマ取り写真	日本、フランス カナダ 米 国
わだち掘れ	①自動測定装置（写真、レーザー） ②横断プロファイルメーター ③直線定規、水糸	日本、スウェーデン 多 数 多 数
平坦性	①自動測定装置（高低差、レーザー） ②プロファイルメーター（高低差、車輪） ③プロファイルメーター（波長角度、車輪）	日本、英国 多 数 多 数
す べ り	①トレーラー法 ②横すべり抵抗法 ③ポータブルテスト法	多 数 多 数 多 数

(2) 評価方法

表-5.5は各国で用いられている舗装の供用性に対する評価指標、評価指標に用いられている算定式または項目、対応工法の例を示したものである。表-5.5より、供用性の評価方法は、複数の評価項目を含む供用性の評価式を設定し総合的な評価指標を算出する方法、複数の評価項目に各々水準を設けて各項目ごとに評価する方法とに分けることができる。また、この段階になると前述した5-2維持と修繕の区分や5-3破損形態と維持修繕工法といったものが総合的に組み入れられていることがわかる。

5-4-2 構造の健全度の調査および評価方法

構造の健全度を評価することは、舗装の疲労度・破損度を評価し、工法・時期を決定するためなど舗装を合理的に維持修繕していく上で重要な手段である。

表-5.5 各国の舗装の評価方法^{18)~28)}

国	評価指標	評価式または評価項目の種類	基準および対応工法																																				
日 本	PSI ¹⁸⁾	$PSI = 4.53 - 0.518 \log \sigma - 0.371 C - 0.174 D^2$ PSI：供用性指数 σ：縦断方向の凹凸の標準偏差（mm） C：ひびわれ率（%） D：わだち掘れ深さの平均（cm） 上記項目による総合評価	<table><tr><th>供用性指数 (PSI)</th><th>おおよその対応 工法</th></tr><tr><td>3～2.1</td><td>表面処理</td></tr><tr><td>2～1.1</td><td>オーバーレイ</td></tr><tr><td>1～0</td><td>打換え</td></tr></table>	供用性指数 (PSI)	おおよその対応 工法	3～2.1	表面処理	2～1.1	オーバーレイ	1～0	打換え																												
	供用性指数 (PSI)	おおよその対応 工法																																					
	3～2.1	表面処理																																					
2～1.1	オーバーレイ																																						
1～0	打換え																																						
MC I ¹⁹⁾	$MC I = 10 - 1.48 C^{0.3} - 0.29 D^{0.7} - 0.47 \sigma^{0.8}$ $MC I_0 = 10 - 1.51 C^{0.3} - 0.3 D^{0.7}$ $MC I_1 = 10 - 2.23 C^{0.3}$ $MC I_2 = 10 - 0.54 D^{0.7}$	<table><tr><th>MC I</th><th>維持修繕基準</th></tr><tr><td>3以下</td><td>早急に修繕が必要</td></tr><tr><td>4</td><td>修繕が必要である</td></tr><tr><td>5以上</td><td>望ましい管理水準</td></tr></table>	MC I	維持修繕基準	3以下	早急に修繕が必要	4	修繕が必要である	5以上	望ましい管理水準																													
MC I	維持修繕基準																																						
3以下	早急に修繕が必要																																						
4	修繕が必要である																																						
5以上	望ましい管理水準																																						
単項目 ²⁰⁾	1. わだち掘れおよびラベリング 2. 段差 3. すべり摩擦係数 4. 縦断方向の凹凸 5. ひびわれ率 6. ポットホール	破損の種類別に要否判断値を設定																																					
スイス	単項目 ²¹⁾	1. ブリージング 2. はしり, 老化, ヘアークラック 3. 縦断方向の凹凸 4. わだち掘れとコルゲーション 5. アリゲータクラックと変形	目視による破損の形態・程度により判断 ただし, わだち掘れは, 破損の形態に応じた調査・試験を実施し判断基準とする。																																				
カナダ ²²⁾ (カナダ交通運輸省)	PQI	$PQI = f(CI, RCI, SAR)$ 各指数は1～10で評価 ここで ・CI＝舗装の状態 ・RCI＝のりごち ・SAR＝舗装の構造	予算レベルに応じて, 工法及び工法の優先順位が異なる。																																				
(オンタリオ州)	DI (Distress Index)	$DI = 100(a \times RCR/10)^{1/7} \times (320 - DM) / 320$ ここに DI：道路の破損度 (Distress Index) で0～100の値を持つ。値が大きい程良好なことを示す RCR：乗り心地の評価値で0～10の値を持つ。値が大きい程路面が平坦なことを示す。 a：地域係数。地域によって0.8～1.2の値が与えられている。 DM：破損の種類別の重み×破損度別の重みの合計 値最大値は 320	<table><tr><th>DI</th><th>0</th><th>10</th><th>20</th><th>30</th><th>40</th><th>50</th><th>60</th><th>70</th><th>80</th><th>90</th><th>100</th></tr><tr><td>評価</td><td>非常に劣悪</td><td>劣悪</td><td>劣悪～普通</td><td>普通</td><td>やや良好</td><td>良好</td><td>良好</td><td>非常に良好</td><td>非常に良好</td><td>非常に良好</td><td>非常に良好</td></tr><tr><td>維持・修繕方法</td><td>2年以内に打換え</td><td>2～3年後に打換え</td><td>3～4年後に打換え</td><td>4～5年後に打換え</td><td>3年以内にオーバーレイ</td><td>3～5年後にオーバーレイ</td><td>日常的維持</td><td>不</td><td>要</td><td></td><td></td></tr></table> 維持修繕の時期（5年後）を考慮している点が特徴。	DI	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	評価	非常に劣悪	劣悪	劣悪～普通	普通	やや良好	良好	良好	非常に良好	非常に良好	非常に良好	非常に良好	維持・修繕方法	2年以内に打換え	2～3年後に打換え	3～4年後に打換え	4～5年後に打換え	3年以内にオーバーレイ	3～5年後にオーバーレイ	日常的維持	不	要		
DI	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100																												
評価	非常に劣悪	劣悪	劣悪～普通	普通	やや良好	良好	良好	非常に良好	非常に良好	非常に良好	非常に良好																												
維持・修繕方法	2年以内に打換え	2～3年後に打換え	3～4年後に打換え	4～5年後に打換え	3年以内にオーバーレイ	3～5年後にオーバーレイ	日常的維持	不	要																														
フランス ²³⁾	2項目の組合せ (構造評価)	① たわみ量 ② 構造欠陥（7項目） 広いわだち掘れ他6項目	工法の選定は, 延命効果, 経済効果, 地域性を考慮し, 決定すべきとしている。 工法は大別して ① 小規模補修 ② 表面処理 ③ オーバーレイ ④ 再生工法																																				
	3項目の組合せ (安全と乗ごち評価)	① すべり ② 平坦性 ③ わだち掘れ																																					
英 国	11種類の項目について総合評価 ²⁴⁾	わだち掘れ, ひびわれ, パッチング, 排水他7項目	評価点と維持修繕基準から要補修箇所を抽出し, 打換え, オーバーレイ, 表面処理を選定 (TRL550に準拠)																																				

国	評価指標	評価式または評価項目の種類	基準および対応工法																																														
米 国 (AASHO)	PSI ²⁵⁾	コンクリート舗装の場合 $P=5.41-1.80\log(1+SV)-0.05C+3.3P$ アスファルト舗装の場合 $P=5.03-1.91\log(1+SV)-0.01C+P-0.21RD^2$ ここで P：サービス指数 SV：両車輪通過位置における凹凸度の分散の平均値 C：舗装面のひびわれ度（コンクリート舗装は $m/1,000m^2$ ，アスファルト舗装は $m^2/1,000m^2$ ） P：舗装面のパッチング度（ $m^2/1,000m^2$ ） RD：両車輪通過位置におけるわだち掘れ深さの平均値（cm）	<table><tr><th>PSI</th><th>対 応 工 法</th></tr><tr><td>~2.6</td><td>—</td></tr><tr><td>2.5~1.6</td><td>オーバーレイ</td></tr><tr><td>1.5~</td><td>打 換 え</td></tr></table>	PSI	対 応 工 法	~2.6	—	2.5~1.6	オーバーレイ	1.5~	打 換 え																																						
	PSI	対 応 工 法																																															
	~2.6	—																																															
2.5~1.6	オーバーレイ																																																
1.5~	打 換 え																																																
(Shahin)	PCI ²⁶⁾ (Pavement Condition Index)	$PCI=100-\sum_{i=1}^P\sum_{j=1}^M a(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, d)$ [EqI] ここに a（ T_i, S_j, D_{ij} ）は各因子の減点値で、破損の種類（ T_i ）、破損の程度（ S_j ）、破損の範囲（ D_{ij} ）の関数である。また F（t，d）は補正係数で、減点値の合計（t）、5以上の減点値となる因子（d）の関数である。	<table><tr><th>PCI</th><th>0</th><th>10</th><th>20</th><th>30</th><th>40</th><th>50</th><th>60</th><th>70</th><th>80</th><th>90</th><th>100</th></tr><tr><td rowspan="3">評価 維持・ 修繕 方法</td><td>破壊</td><td>非常に劣</td><td>劣</td><td>劣悪</td><td>普通</td><td>良好</td><td>非常に良好</td><td>極めて良好</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>③</td><td>②</td><td>③</td><td>① ② ③</td><td>①</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="11">① 日常的維持・修繕 — クラック充填、シーリング、パッチング等 ② 局部的維持・修繕 — 広範囲なパッチング等 ③ 全体的維持・修繕 — オーバーレイ、打換え等</td></tr></table>	PCI	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	評価 維持・ 修繕 方法	破壊	非常に劣	劣	劣悪	普通	良好	非常に良好	極めて良好				③	②	③	① ② ③	①							① 日常的維持・修繕 — クラック充填、シーリング、パッチング等 ② 局部的維持・修繕 — 広範囲なパッチング等 ③ 全体的維持・修繕 — オーバーレイ、打換え等										
PCI	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100																																						
評価 維持・ 修繕 方法	破壊	非常に劣	劣	劣悪	普通	良好	非常に良好	極めて良好																																									
	③	②	③	① ② ③	①																																												
	① 日常的維持・修繕 — クラック充填、シーリング、パッチング等 ② 局部的維持・修繕 — 広範囲なパッチング等 ③ 全体的維持・修繕 — オーバーレイ、打換え等																																																
(A I)	11種類の項目について総合評価 (軽交通道路)	亀甲状ひびわれ、伸縮ひびわれ、ラベリング他8項目 状態評価点= 100-単項目の評価合計	<table><tr><th>状態評価点</th><th>0</th><th>10</th><th>20</th><th>30</th><th>40</th><th>50</th><th>60</th><th>70</th><th>80</th><th>90</th><th>100</th></tr><tr><td></td><td>改 築</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>オーバーレイ</td><td></td><td></td><td></td><td>通常の維持</td><td></td></tr></table>	状態評価点	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		改 築					オーバーレイ				通常の維持																							
状態評価点	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100																																						
	改 築					オーバーレイ				通常の維持																																							
オランダ	項目評価 ²⁸⁾	① ひびわれ ② わだち掘れ	測定値から寿命予測をして補修時期を決める。																																														

構造の健全度に対する尺度としては、一般に舗装表面のたわみが用いられる。このたわみの大きさにより、構造の健全度を直接的に評価したり、また弾性理論の適用により、舗装各層の弾性係数、応力、ひずみを計算し、構造を評価することが可能である。

なお、実際に、舗装各層にひずみゲージを設置するなどして、直接的に応力、ひずみを測定することも可能であるが、供用中の舗装ではデータの収集に多大な労力と時間を必要とし、効率が悪く、また精度の点でも問題がある。

これに対し、舗装表面におけるたわみは、測定したい箇所に荷重を加えなければならないが、非破壊で測定することができ、直接的に応力、ひずみを求める方法に比べて迅速かつ大量のデータを入手することが可能であるため、舗装の維持修繕に対する構造の健全度評価を行う手段として適している。

今日のコンピュータの目覚ましい発展によって、複雑な弾性理論も容易に利用することが可能となった。そのためのコンピュータプログラムも多層弾性理論によるもの、有限要素法を用いたものなど各種のものが開発されている。そのコンピュータプログラムの例については、1章設計で紹介されているとおりである。

ここでは、舗装構造の健全度の尺度として用いられているたわみ量の調査および評価方法について述べる。

(1) 調査方法²⁹⁾³⁰⁾

現在までに開発された各種のたわみ量測定装置は、表—5.6に示すとおりである。

この中で、ベンケルマンビームは、1943年に開発され、その後、世界各国において普及し、使用されている。しかし、ベンケルマンビームは、供用中の道路での測定が、交通の流れに支障をきたすばかりでなく、路面上で人力により測定するため危険度も高く、また時間もかかる。さらに、測定データに関しても実際の車両の載荷条件と異なることや、剛性の高い舗装上での測定では荷重の影響がビーム支持脚まで及ぶことから真のたわみ量は得られないなどの問題点があげられた。

このようなベンケルマンビームの持つ問題点を改良すべく、1960年代に米国ではダイナフレクト、ロードレータ、フランスではデフレクトグラフ (ラクロア) などが開発された。

わが国には、1970年代にダイナフレクト、デフレクトグラフ (ラクロア) が導入され、道路舗装での舗装構造の健全度評価の実用化に向けて調査研究がなされ

表-5.6 測定装置の概要

荷重条件	たわみ量測定装置（開発国）	荷重条件別の測定装置概要
静的荷重	ベンケルマンビーム（米 国）	荷重下のビーム先端の動きを手元のゲージで読み、ビーム支持点と先端、ゲージまでの長さの比で、ビーム先端の沈下量を求める。
低速移動荷重	デフレクトグラフ（ラクロア）（フランス） トラベリングデフレクトメータ（米 国）	車体に取りつけられたたわみ測定装置先端が後輪（デュアルタイヤ）の間に入っており、荷重下のたわみ量を測定できるようになっている。
振動荷重	ロードレータ（米 国） ダイナフレクト（米 国） サンバー（米 国）	静荷重を上下運動もしくは円運動することで慣性力を発生させ、載荷輪を通して舗装に伝える。センサーで検出した振動速度をたわみ量に変換する。ロードレータ、ダイナフレクトはトレラ型で牽引される。これに対してサンバーは大型のバン内部にたわみ測定装置がとりつけてある。
衝撃荷重	フォーリング・ウェイト・デフレクトメータ（FWDと略す）（オランダ）	重りを落下させることで路面に衝撃を与えて路面のたわみ量を計る。

ており、空港舗装ではすでにダイナフレクトによる舗装構造の健全度評価方法が実用化されている。

1970年代後半になってオランダ等で実舗装上での載荷条件により近づいたFWDが開発された。わが国においては1983年に導入されており、現在、空港舗装や道路舗装への実用化に向けて調査研究が進められている。

各種のたわみ量測定装置が開発された米国におけるそれらの利用状況を表-5.7に示す。

表-5.7 米国におけるたわみ量測定装置の利用状況³¹⁾

測定装置	利用州数
ベンケルマンビーム	19
ダイナフレクト	23
FWD	11
ロードレータ	9
トラベリングデフレクトメータ	1

注) 測定装置を2種以上併用している州があるため合計が全州より多くなる。

一方、わが国では前述したようなたわみ量測定装置が導入されてはいるが道路舗装においては調査研究段階であり、たわみ量測定が必要な場合にはベンケルマンビームを利用している。

(2) 評価方法

一般に舗装の構造評価方法は、日々加わる外力に抵抗しうる能力をどれだけ持っているかを、何らかの基準に照合して判断しようとするものである。最近ではオーバーレイ厚算定方法の一部として扱っている例が多く、一般に経験的な方法と弾性理論にもとづく方法に分類できるが、この弾性理論にもとづく方法は、舗

装各層の弾性係数を推定することで構造評価を行うものである。

以下に、各種測定装置から得られるたわみ量による構造評価方法の例を示す。

1) 米国ユタ州とカンザス州の例^{32),33)}

ユタ州の方法は、ダイナフレクトで測定した5つのたわみ量から3種類の指数を求め、図-5.3に示すよ

① 州名	② 舗装部+路床部 に対する評価	舗装部に対する 評価	路床部に対する 評価
	DMD	SCI	BCI
ユタ	3.18	1.22	0.28
カンザス	3.56	0.41	0.30
	舗装部+ 路床部弱い	舗装部弱い	路床部弱い
		舗装部強い	路床部強い
	舗装部+ 路床部強い		

注1) 基準値よりDMD, SCI, BCIの値が大きい場合は
で示した。

注2) 単位 10^{-2} mm

注3) ① … 評価対象 ② … 基準値

注4) SPは60~80%の範囲内、FSDは 3.8×10^{-3} mm以下
なら舗装は強いと評価

図-5.3 ユタ州、カンザス州の基準

舗装構造を評価するものである。3種類の指数は、DMD (第1センサーのたわみ量；Dyanaflect Maximum Deflection), SCI (第1と第2センサーのたわみ量の差；Surface Curvature Index), BCI (第4と第5センサーのたわみ量の差；Base Curvature Index) である。また、1982年にはこのユタ州の方法を基にカンザス州も同様な基準を設定しており、ユタ州の方法で用いている指数の他に、SP (5つのたわみ量の平均とDMDとの比の百分率；Spreadability), FSD (第5センサーのたわみ量；Fifth Sensor Deflection) を用いている。

2) フランスの例³⁴⁾

デフレクトグラフ (ラクロア) によるたわみ量と、目視観察により得られる構造的欠陥の各々を破損の程度別に水準1、水準2、その他にレベル分けする。ここに、水準1とは、水準2で規定している許容値の範囲よりも破損が進行した状態を指し、その他は、水準2以下を指す。さらに、たわみ量レベルと構造的欠陥レベルとの組合せから維持修繕の優先順位を決定するものである。

3) Shell 設計法の例³⁵⁾

Shell では、舗装構造を3層構造として、FWDで測定した最大たわみ量 δ_0 と荷重中心より r の距離のたわみ量 δ_r を用いてノモグラフよりアスファルト混合物層と路床の弾性係数とを推定する。さらに、粒状路盤の弾性係数は、粒状路盤の厚さと路床の弾性係数の関係式から求めるものである。

4) わが国の維持修繕要綱の例³⁶⁾

測定対象区間のベンケルマンビームによるたわみ量の平均値に、舗装の強度のばらつきを考慮して標準偏差の2倍を加え、その値を温度補正した上で在来たわみ量とし、交通量区分に対応した表よりオーバーレイ厚を読み取るものである。

5) 運輸省港湾技術研究所の例^{37), 38)}

ダイナフレクトを空港舗装に適用したもので、各舗装の設計荷重と20℃におけるDMDとの関係式を示す図-5.4の基準DMDでオーバーレイの要否を判断する。20℃に換算したDMDが基準DMDよりも上に位置した場合、オーバーレイが必要と判断され、オーバーレイが必要と判断された場合には弾性係数を推定するものである。

5-5 維持修繕のシステム化

交通量が少なく、道路網の規模が小さかったときに

は、壊れたから直す、苦情が出たから対応するという対症療法的な維持修繕方式でも十分に対応が可能であったし、またその効果も期待できた。しかし、近年、

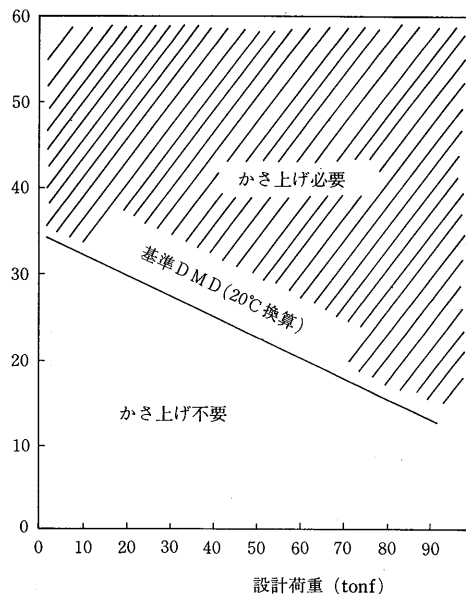


図-5.4 運輸省港湾技術研究所の基準

道路ストックの増大、交通量の増大、道路網の大規模化、それらを取り巻く沿道環境の悪化など、道路状況は非常に複雑となっており、また維持修繕に対する財源には限度があり、対症療法的な維持修繕方式では効果的な維持修繕の実施は困難となってきた。このような背景のもとに、維持修繕を実施するために必要な各要因を有機的に結合し、効率的で経済的な維持修繕を実現するためのシステム化が必要となってきた。

ここでは、今日までの維持修繕に関するシステム化の歩みとシステムの運用状況、そして維持修繕管理システムの考え方について述べる。

5-5-1 システム化の歩み^{39), 40), 41)}

米国では、1900年代に入り、自動車の急激な増加により交通状況は変化し、アスファルトの道路舗装への利用が始まった。その後、1920年に、舗装の設計・施工法の確立を目的としてHRBが組織され、各種の理論的・実験的研究が実施された。その中でも、特に有名な実験が、1951～1960年イリノイ州オタワで実施されたAASHO道路試験であった。AASHO道路試験の結果を受けて、1966年にNCHRP (National Cooperative Highway Research Program) により舗装に対するシステム工学の適用の研究が着手され、1968年に University of Texas の研究グループがシステム・アプローチ

による舗装設計方法について研究を開始した。また、同時期に Texas Highway Department のもとに Texas Transportation Institute と Texas A & M University が同様な研究を、そしてカナダにおいても、舗装に関する設計・管理問題とそれらのサブシステムに関する研究を開始した。これら3グループの研究は、その後の舗装に関するシステムの発展を予見するものであった。“Pavement Management System”という用語は、この時期から、これらのグループの研究者たちによって使われるようになったといわれている。

その後、1969年に、最初の実用的な舗装管理に関するシステムとして、FPS (Flexible Pavement Design System) が公表された。これと並行して、SAMP (System Analysis Method for Pavements) と呼ばれるシステムが NCHRP の中で1966年に Fred N. Finn, W. R. Hudson, B. Frank McCullough の研究チームによって、SAMP-1 として開発されたが、その後、FPS が改良され FPS-4 となり、これが SAMP-5 に相当し、その後も、SAMP-6 へと発展していった。また、カナダオンタリオ州においても、OPAC (Ontario Pavement Analysis of Costs) という舗装の設計および管理に関するシステムが開発され、1970年に公表された。

これらのシステムは、舗装をプロジェクトレベルの立場から捉えた設計管理システムであり、維持修繕はその中の一つのサブシステムとして取り扱われている。

一方、同時期、英国においては、Report of the Committee on Highway Maintenance (通称、マーシャルレポート) が報告された。マーシャルレポートは、舗装に限定せず、道路に関する維持修繕の進め方について体系的にまとめられたものであった。このレポートの中で「維持修繕の優先順位を決定するための評価方法に用いられる供用性水準の概念は、米国で開発された概念にもとづいている。しかし、米国での概念は、新設・改良に重点を置いたもので、維持修繕の面については不十分であるため、独自の評価方法が必要である。」ということを記し、ネットワークレベルでの維持修繕の在り方について具体的な提唱を行っている。

マーシャル・レポートを受けて TRRL では、CHART (Computerized Highway Assessment of Ratings and Treatments) と呼ばれる舗装の評価方法と対応工法に対するシステムを開発した。マーシャル・レポートは、他国の維持修繕のシステム化にも多大な影響を及ぼしている。

これを契機として、各国、各研究機関などで舗装の維持修繕に関するシステム化の調査・研究が続々と実施されるようになり、各国各機関の状況に合わせたシステムの確立が進められている。

また、最近では、維持修繕を合理的に実施するための新しい手法として、最近、著しく進歩をみせる人工知能研究の一部を構成するエキスパートシステムを維持修繕管理に応用したものが公表されており、今後の発展が期待される⁴²⁾。

現在までに開発公表された維持修繕に関するシステムの幾つかの概要を表—5.8に示す。システムの開発当初では維持修繕が設計管理システムの中の1サブシステムとして取り扱われていたが、近年では、維持修繕管理に関するシステムとして独立して取り扱っているものが多い。

なお、維持修繕管理に関するシステム化が、急速に進展していった背景には、システム化の必要性が上げられるが、そのほかの主要の要因としてコンピュータの目覚ましい発展があげられる。これにより、システムを構築し、運用していくために必要となる大量情報の処理・蓄積が可能となり、容易にシステムを動かし、かつ迅速に処理することが可能となった。

5-5-2 維持修繕管理システム

舗装の維持修繕管理システムは、プロジェクトレベルとネットワークレベルとに分けて考えていくのが一般的である。両者の関係を図—5.5に示す。

ここでは、維持修繕管理システムについてプロジェクトレベルとネットワークレベルとに分けて述べる。

(1) プロジェクトレベルでの維持修繕管理システム

プロジェクトレベルでのシステムは、図—5.5に示したように各单位区間についての長期的にみた最適な維持修繕の実施計画を決定することが主要な部分となる。その考え方については、1章設計で述べられているが、重要な事項は次のとおりである。

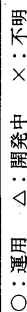
① 舗装の供用性評価

客観的に各单位区間の舗装の供用性を比較評価するために、適切な供用性評価方法を導入しなければならない。供用性の評価方法に関しては、各国各機関により各種のものがあ、5-4-1で述べたとおりである。

② 舗装の供用性予測

維持修繕の実施時期を決定するためには、将来の舗装の供用性を把握し評価しなければならない。そのためには、将来の供用性が予測されなければならない。

⑥ワシントン州(48)



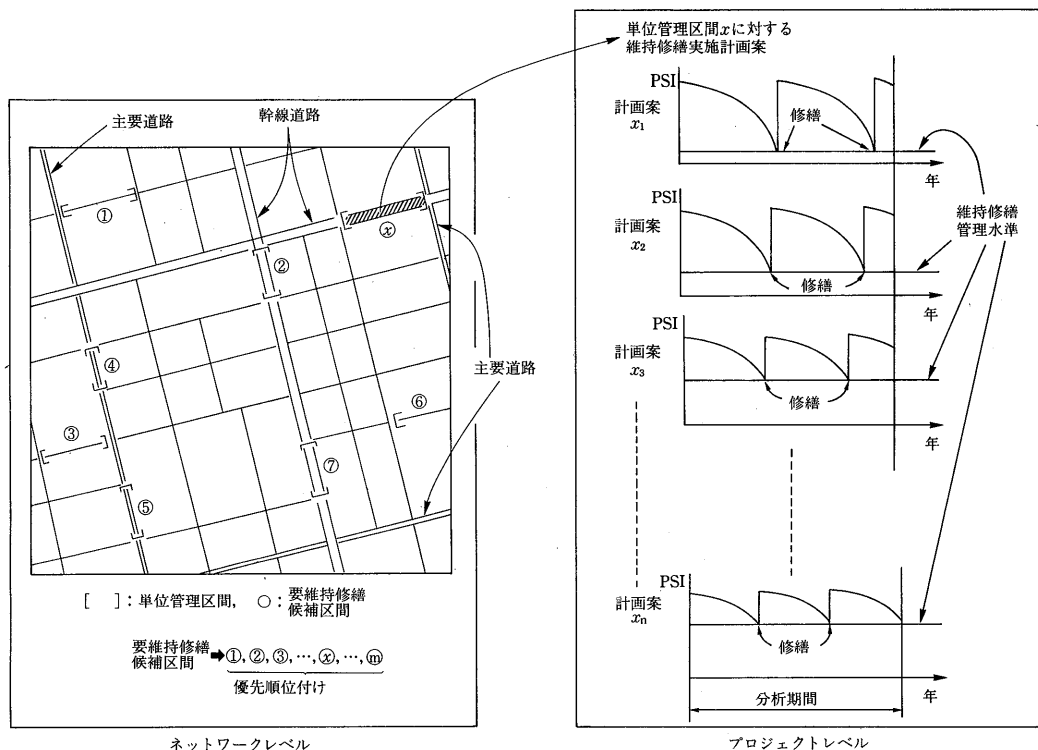


図-5.5 ネットワークレベルとプロジェクトレベル

供用性を予測する方法としては、時系列、累積交通量、累積交通荷重などから供用性の評価指標（例えば、PSI, RCI など）を予測しようとする方法が一般的である。

③ 経済性評価

各種の維持修繕計画の中から経済的な維持修繕計画を選択するために、適切な経済性評価方法を導入しなければならない。経済性評価方法としては、現在価値法が最も有効な手段と考えられるが、各種維持修繕計画の間の経済性評価結果の差が小さい場合あるいは有意でない場合などにはこの手法に加えて、費用効果法を取り入れて評価することが有効と考えられる⁵⁵⁾。

なお、経済性を評価するためには、費用と効果を算定しなければならないが、前者については道路管理者費用（初期建設費用、維持修繕費用など）、道路利用者費用（車両操作費用、走行時間費用など）、非道路利用者費用、後者については道路利用者に関わる直接効果（車両操作費用、走行時間などの減少）、それ以外の間接効果（他の道路における交通の混雑緩和効果など）が考えられる。

（2）ネットワークレベルでの維持修繕管理システム

ネットワークレベルでのシステムは、図-5.5に示したように、ネットワーク上で要維持修繕の候補区間を選択し、維持修繕実施の優先順位を付けていくことが主要な部分となる。図-5.6にネットワークレベルでの最低限と考えられる維持修繕管理システムの考え方の概略を示す^{56), 57)}。図-5.6に示した考え方は、大きく分けて3つの枠からなっている。第1の枠は情報管理、第2の枠は維持修繕候補の選択、第3の枠は維持修繕実施の優先順位付けである。

この考え方は、以下のとおりである。

1) 情報管理

維持修繕をシステム化するためには、第一に道路舗装に関する情報が蓄積され、それがいつでも利用可能な状況になければならない。すなわち、道路舗装に関する多種多様な情報を結び付けることができ、容易にアクセスできるために、コンピュータ化されたデータ管理システムの構築が必要となる。

ここで留意しなければならないのは、情報のフォーマットは、全ての区間について同一でなければならな

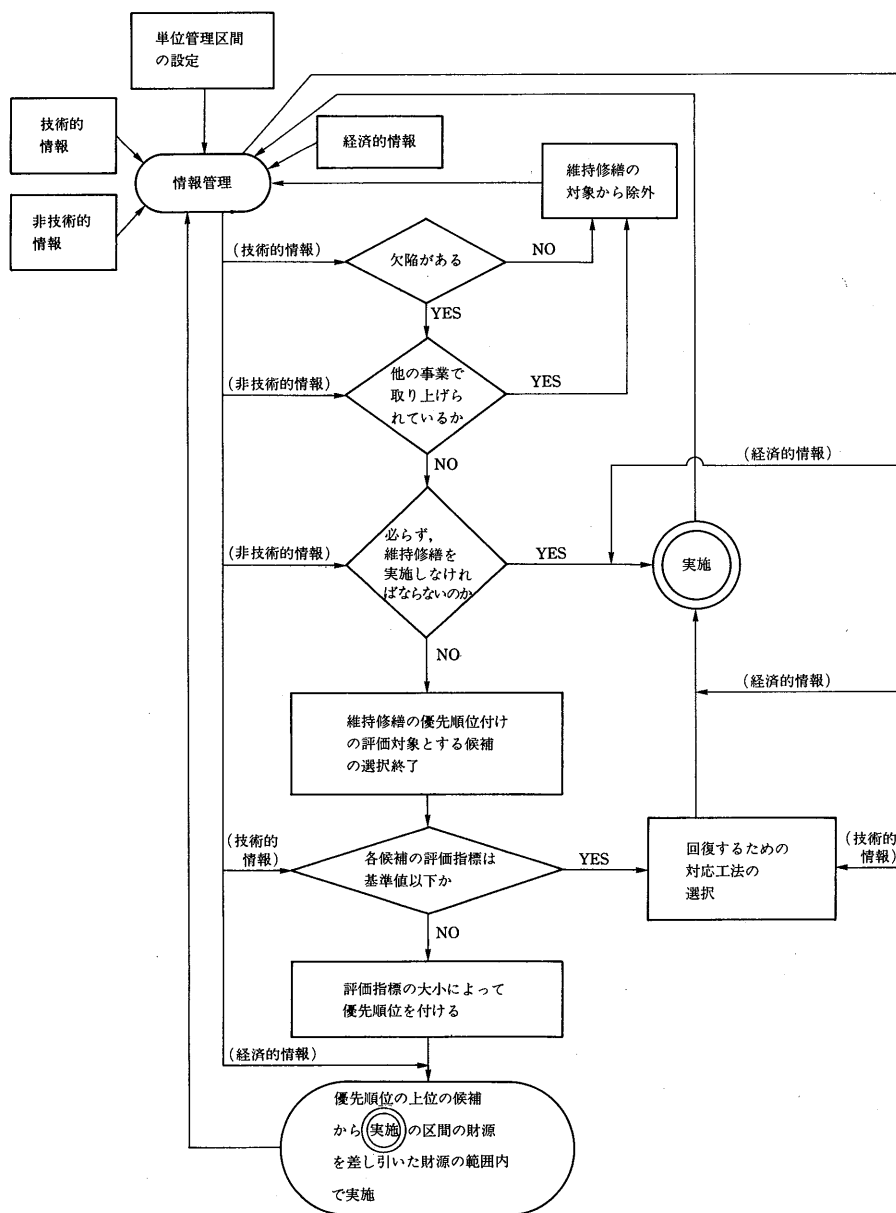


図-5.6 ネットワークレベルでの維持修繕管理システムの考え方

ということである。道路条件を評価する指標は、あるものは離散的(例えば、たわみ量)、あるものは相当な長さにわたって連続的(例えば、平坦性)など様々な形で測定される。したがって、各区間を比較・評価するためには、区間長を同一の最小単位管理区間に分割しておく必要がある。

各单位区間の情報としては、次のものが必要である。

- ① 制御番号
- ② 技術的情報；道路そのものの情報(例えば、車線数、車線幅員、舗装構造、維持修繕履歴、道路

の等級など)、優先順位を計算するために必要な評価項目(例えば、わだち掘れ量、ひびわれ率、平坦性→サービス指数、すべり抵抗値)、交通情報(例えば、平均交通量、軸重)

技術的情報は、各年・各单位管理区間で定期的に収集更新されなければならないが、調査頻度は、管理体系の規模および能力(財源、人間、装備)に応じて決定すべきである。

- ③ 非技術的情報；例えば、技術レベルでの維持修繕計画以外で実施計画の候補に上っている区間

④ 経済的情報；例えば、初期建設費、維持費、修繕費

2) 維持修繕の対象となる候補の選択

蓄積された情報源より、維持修繕の対象となる候補単位区間を選択する手法を確立する必要がある。その手順は、概略、次のように考えることができる。

- ① 欠陥が発見されない区間および非技術的情報から、他の計画で既に取り上げられている区間は、維持修繕対象から除外する。
- ② 非技術的情報から、例えば他の機関により約束されている計画は除外する。
- ③ 非技術的情報から、実施決定されている計画については、対応工法を選択し財源を割り当てて、実施する。
- ④ 上記の①、②、③以外に残っている計画を、以後の優先順位決定の評価対象候補とする。

3) 維持修繕実施の優先順位付け

各候補区間に優先順位を付けるために、優先順位付けの評価指標を設定し、各候補区間の評価指標を計算し評価することが必要となる。

- ① 評価指標は、各候補区間の技術的情報から計算されるもので、あらかじめ、その基準値を設定しておかなければならない。なお、評価指標が複数である場合（例えば、サービス指数とすべり抵抗の2種類の指標により評価）には、技術的情報から重要度に応じて重みを付け、重ね合わせて評価する。また、基準値は、技術的情報（例えば、道路の機能上の分類、交通条件など）により重みを付ける。
- ② 基準値以下の場合には、それを回復するための対応工法を選択し、財源を割り当て、実施する。
- ③ 技術的情報が維持修繕の基準値を満足する場合には、評価指標にもとづき優先順位を決定する。そして、これまでに実施が決定している区間に費やされる維持修繕に対する財源を差し引いた残りの財源の範囲内で、優先順位の上位から財源を割り当て実施する。

5-6 維持修繕に関する今後の課題

本章において、取り上げてきた維持修繕に関する今後の課題としては、以下のようなものが上げられる。

(1) 維持修繕工法について

新しい施工機械や新材料はともかく、各種の維持修繕工法の基本的な考え方や工法自体は、ほぼ確立され

た感がある。これらの各種工法の耐用年数について標準的な値を設定したり、または維持修繕後の舗装の供用性を予測することは極めて難しい問題であるが、維持修繕管理システムを確立する上でもこの問題はぜひとも解決しなければならないものである。

オーバーレイではその厚さという形で工法としての寿命の概念が盛込まれているし、打換えも新設の“やり直し”と考えれば舗装厚の中に設計交通量が加味されている。しかし、その他の工法では工法自体の寿命（耐用年数）というよりは既設舗装の残存寿命を確保するという形で取り扱われていることが多いようである。

表-5.9は、AASHTOでの表面処理系工法に対する耐用年数を示したものである⁵⁸⁾。わが国における破損や対応工法の実績から考えても、このような形の目安を求めていくことも必要であろう。また、わが国では近年特殊対策（耐流動、耐摩耗）として改質系アスフ

表-5.9 表面処理系工法の耐用年数（AASHTO）

工 法	耐用年数
シーリングコート（1層）	3～5
シーリングコート（2層）	4～6
スラリーシーリング	3～5
スラリーシーリング（ゴム入り）	3～8
フォグシーリング	1～3
開閉すべり止め層	3～7

ルトを用いるケースが増えてきたいるが、今後はこの中に材料を含めた形での評価も必要になると考えられる。

(2) 調査および評価方法について

1) 調査方法について

舗装の調査方法は、時代とともに発展してきており、今日では、各種の測定機が開発され、調査項目によっては高速で大量のデータを収集することができるようになっている。しかし、測定対象が同一であっても、測定機種が異なることで同一のデータが収集されない場合がある。信頼性および再現性の高い調査データの収集が、精度の高い供用性予測のモデルを作成するために不可欠であり、さらに信頼性の高い維持修繕管理システムを構築するための基礎となる。したがって、測定機の信頼性を高めることが今後の課題である。

2) 評価方法について

舗装の供用性の評価方法は、AASHTO道路試験で採用されたPSIから今日まで、各国各機関で各種の評価方法が考えられてきた。それらの大部分は、道路利用者に対するサービス水準や道路管理者に対する維持修繕管理水準を基準としたものであり、それに対し

て維持修繕が考えられてきた。

しかし、沿道に住居が密集している街路の多いわが国のような場合は、振動低減対策としての維持修繕を実施することが少なくなく、沿道環境を考慮した舗装の評価を行おうとしている機関もある。

今後、舗装を総合的に評価するという立場で、沿道住民に対するサービス水準も考えていく必要があろう。

(3) より優れた維持修繕管理システムのために

本章で述べたネットワークレベルでの維持修繕管理システムは、最低限での考え方である。ネットワークが拡大するに従って、複雑なものとなってこようが、基本的には同一である。なお今後、要維持修繕区間に対する優先順位付け方法、そしてネットワークレベルとプロジェクトレベルの合理的な重ね合せの方法など

が特に重要な課題である。

結局、優れたシステムを構築していくためには、以上の維持修繕工法そして調査および評価方法に対する課題も含めて、舗装の供用性および構造の健全度の現状把握、評価、対応、処理など維持修繕管理に関わる全ての段階での信頼性を向上させることが今日の課題であり、各方面で調査研究が進められている。

文責 井上 正
蛭原 巖
形岡 昭彦
田中 輝栄
谷口 豊明
丹治 和裕

— 参考文献 —

- 1) ㈲日本道路協会：道路維持修繕要綱，昭和41年3月，丸善株式会社，1966年3月
- 2) ㈲日本道路協会：道路維持修繕要綱，昭和53年7月，丸善株式会社，1981年11月
- 3) AASHTO : AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Part III Pavement Design Procedures for Rehabilitation of Existing Pavements, 1986
- 4) OECD : Pavement Management Systems, State-of-the-Art, 1987, pp.127~132
- 5) AI : Asphalt in Pavement Maintenance(MS-16), 1983, p.4
- 6) AI : Asphalt Overlays Highways and Street Rehabilitation (MS-17), 1983, pp.1~11
- 7) AI : Alternative in Pavement Maintenance, Rehabilitation and Construction (IS-178), 1981
- 8) 2) に同じ, pp.3~4
- 9) 2) に同じ, pp.65~90
- 10) 日本道路建設業協会：舗装のリハビリテーション，1986, pp.71~73, p.102, p.146
- 11) 10) に同じ, pp.88~89
- 12) 野々田充：路面のメンテナンス技術，アスファルト，28巻，145号，1985年12月，P.68
- 13) 日本道路建設業協会：第2回海外技術調査団報告書，ヨーロッパにおける舗装の修繕と再生に関する技術調査，1985年5月，p.25
- 14) 2) に同じ, p.65
- 15) 10) 同, p.35
- 16) FHWA : Improved Methods and Equipment to Conduct Pavement Distress Surveys, 1987
- 17) 川島義昭，坂田耕一，川野敏行：道路舗装に関する試験法(道路実務講座9)，山海堂，1984, p.275
- 18) 2) に同じ, p.67
- 19) 藤井治芳，橋本鋼太郎，船越洋一：道路舗装の維持修繕(道路実務講座8)，山海堂，1984, p.37
- 20) 2) に同じ, p.68
- 21) 13) に同じ, p.51
- 22) 大坪義治：舗装管理システム，アスファルト，27巻，140号，1984年8月，p.69
- 23) 13) に同じ, p.68
- 24) 22) に同じ, p.58
- 25) ㈲セメント協会：AASHO道路試験，1966年2月，p.198
- 26) Shahin, M.Y. and S.D.Kohn : Airfield Pavement Performance Prediction and Determination of Rehabilitation Needs, 5th ICSDAP, 1982
- 27) AI : Asphalt in Pavement Maintenance(MS-16), 1983
- 28) 13) に同じ, p.31
- 29) 達下文一，阿部忠行：表面たわみによる舗装構造の解析，昭和54年度東京都土木技術研究所年報，1980年9月，pp.23~28
- 30) 笠原篤，岳本秀人，伊藤保彦，古川真男：フォーリング・ウェイト・デフレクトメータについて，舗装，Vol.20, No.6, 1985年6月，pp.15~19
- 31) FHWA : Evaluation of Pavement Deflection Measuring Equipment, Final Report, 1987, pp.6~9

- 32) Peterson, G. and Shepherd, L.D. : Deflection Analysis of Flexible Pavements, Final Report, Materials and Tests Div., Utah State Highway Dept., 1972, pp.3~5
- 33) Sudlta, S, Bandyopabhyay : Flexible Pavement Evaluation and Overlay Design, Transportation Engineering, Nov. 1984
- 34) 13) に同じ, pp.66~67
- 35) A.I.M.Claessen, J.M.Edwards and Sommer : Asphalt Pavement Design-the Shell Method : 4th ICSDAP, 1977, pp.649~664
- 36) 2) に同じ, pp.79~81
- 37) 佐藤勝久, 福手勤, 佐藤峯夫, 山崎英男 : ダイナフレクトによる空港アスファルト舗装評価とかさ上げ厚設計, 運輸省港湾技術研究所報告, 第17巻, 第4巻号
- 38) 佐藤勝久, 福手勤 : ダイナフレクトによる空港アスファルト舗装強度評価とかさ上げ厚設計, 土木学会論文報告集第303号, 1980年11月, pp.109~118
- 39) Ralph Haas and W.Ronald Hudson : Pavement Management Systems, McGraw-Hill Book Company, 1978
- 40) 南雲貞夫, 山下弘美, 山之口浩 : 舗装設計の体系化とその問題点(上), 舗装, 建設図書, 1972年4月, pp. 3 ~ 9
- 41) (社)日本道路協会 : 欧米にみる道路の維持管理ー第11回欧米道路調査団報告書一, 1971年8月
- 42) Stephan G.Ritchie, Che-I Yeh, Joe P.Mahony and Newton C.Jackson : Development of an Expert System for Pavement Rehabilitation Decision Making, Transportation Reserch Record 1070, 1986, pp.96~103
- 43) P.C.Cyrtayne, et al : Implementation of an Urban Pavement Management System, TRR814, 1981, p.5
- 44) M.S.Snaith, H.J.Bailie, E. T. Stewart and D.M. Orr, : An Integrated Maintenance System for the Assessment Diagnosis and Treatment of System for the Assessment Diagnosis and Treatment of Flexible Pavement, 5th ICSDAP, 1982, p.511
- 45) P.D.Thomopson and L.W.Hatherly : The Development and Use of a Pavement Management System in the United Kingdom, 5th ICSDAP, 1982, p.564
- 46) Ir.G.Kellersmann and Ir.J.D.Klooster : Rational Pavement Management in the City of Amsterdam, 5th ICSDAP, 1982, p.523
- 47) A.A.A.Molenaar and Ch.A.P.M.Van Gorp : A Pavement Management System for Provincial Roads in the Netherlands, 5th ICSDAP, 1982, p.485
- 48) R.V.Le Clerc and T.I.Nelson : Washington's State's Pavement Management System, 5th ICSDAP, 1982, p.534
- 49) R.Kulkarn, K.Golabi, F.Finn, E. Alviti, L. Nazareth and G.Way : Development of a Pavement Management System for the Arizona Department of Transportation, 5th ICSDAP, 1982, p.575
- 50) N.A.Karan, R.Hass, D.A.Kobi and A.Chetham : Implementation and Verification Examples of Successful Pavement, 5th ICSDAP, 1982, p.586
- 51) 井上義之, 稲葉英憲 : 日本道路公団の維持管理システム, 高速道路と自動車, Vol.27, No.5, p.43
- 52) R.Topio : Evaluation of Maintenance and Reconstruction Needs of Roads in the Long-Term Planning, 2th Bearing Capacity of Roads and Airfields, 1986, p.581
- 53) P.K.Roberts : A System for Management of Structural Maintenance on a Major Road Network, 2th Bearing Capacity of Roads and Airfields, 1986, p.615
- 54) 第39回建設省技術研究会報告 : 舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究, 昭和60年度
- 55) Gonzalo R.Rada, Jossef Perl and Mattehew W. Witczak : Integrated Model for Project-Level Management of Flexible Pavement, Journal of Transportation Engineering, Vol.112 No.4, Jul. 1986
- 56) R.Daryl Pedigo and W.Ronald Hudson ; Simplified Pavement Management at the Network Level, Transportation Research Record 846, 1978
- 57) M.S.Snaith and J.C.Burrow : Priority Assessment, Transportation Research Record 951,
- 58) 3) に同じ

アメリカ合衆国の舗装に関する研究事情

安崎 裕*・飯田章夫**・池田拓哉***

はじめに

舗装の研究に関して、AASHO道路試験に代表されるように、アメリカ合衆国（以下アメリカという）の役割は非常に大きく、日本の舗装の研究に与えた影響も大きい。そこで本報告では、諸外国の中でアメリカを取り上げ、その研究事情について紹介することにする。

1. アメリカにおける道路研究の概要

1988年1月のTRB年次大会の209部会のうち15%が舗装関係である¹⁾ことからわかるように、アメリカにおける道路関連分野の研究に占める舗装関係の研究の割合は非常に高い。またTRBが提案したSTRS (Strategic Transportation Research Study, 戦略的交通運輸研究計画)²⁾の6つの大テーマのうちアスファルト材料、舗装の長期供用性、維持管理費用の経済効果の3テーマが舗装技術であることもこれを裏付けている。したがってアメリカの場合は、道路全般の研究の状況を見れば舗装の研究事情を理解できると考えてよいであろう。また舗装関係のアメリカ国内の組織は既に他の章で紹介されていることもあり、ここでは少し大局的な見地から道路全般の研究事情を紹介し最後に最近研究活動が開始されたSHRPの概要について紹介することとしたい。

2. 道路研究体制の小史^{2),3),4),5)}

アメリカで初めて道路に関する研究調査を行うために設置された組織は農務省の道路調査室であり、1893年のことであった。主な目的は道路の工事方法の調査と情報の紹介が主であり、新しい建設機械や材料の展示会などが催された。しかし当時の輸送機関は鉄道であり、道路交通は地域的なものと考えられていたが、

連邦政府は1900年に、道路建設用材料と工法に関して州政府等に助言を与えるため、試験室を設けて調査研究を開始した。

1910年代になると自動車数は急激に増加し、また道路が経済と社会両面に果たす役割が認識されるようになり、道路整備を連邦政府の補助のもとに進めていくため、1916年に連邦補助道路法が制定され初の5箇年計画が開始された。この法律の期限である1921年には連邦道路法が制定され、その中で道路研究に予算を支出することが初めて認められた。1934年に制定されたHayden-Cartwright法では、各州への毎年度の補助額の1.5%を測量、計画および技術調査に使うことが認められた。1944年の連邦補助道路法では州の裁量により1.5%の額を研究に用いてよいこと、および計画や研究に用いなかった資金は建設費にあてることができることとした。ここに初めて研究費が連邦補助金の中で認められたのである。

この間に、1914年には州政府道路局職員に限定した組織であるAASHO (American Association of State Highway Officials, AASHTOの前身)が、また1920年には道路研究の促進や普及の目的をもってHRB (Highway Research Board, TRBの前身)が設立された。1919年には民間団体であるAI (Asphalt Institute)ができており、道路に関する研究体制は全国的規模で確立されたのである。

1956年の連邦道路補助法はInterstate Highway (州際道路)の建設を認め、全国的な高速道路網の建設が開始された。1962年の道路法ではさらに0.5%の補助額を計画と研究に用いてもよいとし、また1963年の連邦道路補助法は研究開発をも目的に加えるとともに建設費に充当することを禁止した。

強きアメリカ (Pax Americana) を時代背景とし、州際道路をはじめとする道路事業は順調に進み、また法律によって研究費は保証され、1970年代前半までは道路研究の最盛期であったといえよう。しかし2度にわたる石油危機を経て道路関係への投資額は低下し、

*あんざき ゆたか 建設省土木研究所道路部 舗装研究室長

**いいた あきお 日本道路公団建設第一部工務第一課課長代理

***いけだ たくや 建設省土木研究所舗装研究室 研究員

中でも研究費は半減してしまった。「荒廃するアメリカ」へと歩みを進めることとなったのである。

しかし、道路関係者は決して沈黙していたのではなく、周到な調査研究を行って報告書を連邦議会へ提出した。このようにして制定されたのが1982年の陸上交通援助法である。この法律により1959年以来ガロンあたり4セントと定められていたガソリン税が9セントに改定され、これにともなって道路財源は増加し、研究費も増やされることになった。以上のような背景のもとに提案されたのがSTRSであり、道路関係について具体化されたのがSHRP（戦略的道路研究計画、後述）である。

3. 現在の研究制度^{2),6)}

1982年現在の主な研究スポンサーと資金額は表-1に示すとおりである。以下これらの制度について簡単に述べることにしたい。

表-1 道路研究の主なスポンサーと資金額（1982年度）

スポンサー	万ドル
州政府レベル	
・HP&R — 連邦政府からの道路事業費補助金の1.5%および州の負担金を源資とする	3,000
・州独自の研究 — 州独自の予算	500
・NCHRP — 州のHP&R資金を共通問題解決のために共同で使う	440
連邦政府レベル	
・FHWA — 自主研究および委託研究	2,150
他の連邦省庁	
・NHTSA（道路交通安全局）、連邦交通省、工兵隊、林野庁など	730
市・郡レベル	100
民間レベル	200~500
合 計	7,000~7,500

（注）TRBの500万ドルの研究資金は上記のスポンサーから支出されているので、ここでは掲載していない。

(1) HP&R（道路の計画・研究事業、Highway Planning and Research Program）

各州の道路事業に対し連邦政府は補助を行うことになっている。各州はその補助額の1.5%を計画と研究に用いることになっており、また都市内道路に対しては別枠で0.5%を受け入れることができる。この体制をHP&R、その資金をHP&R資金と呼んでいる。計画と研究への配分は州の権限で決定することが可能で、一般に15~20%が研究にあてられている。

全州が研究に使う費用はNCHRPへの支出を除き約3,000万ドルで、うち2,000万ドルは連邦政府から支

出され、残る1,000万ドルは各州の負担となる。この資金を用いて、各州は独自の道路に関連する課題、たとえば特殊な気候や土質条件、地形、交通荷重、舗装材料などに関する課題を解明している。このように、この制度は州規模の研究促進に適した形態をとっており、逆に多くの州に関連するような大規模な研究を進めることに対しては十分対応しきれない面がある。

(2) NCHRP（道路研究に関する全国協力計画、National Cooperative Highway Research Program）

州際道路の建設開始間もない1962年に、この高規格道路の設計や建設に関して新たに発生した、全国的に類似の問題に対応することを目的とした制度である。基本的にはAASHTOがスポンサーとなり、FHWAの協力を得て、TRBに運営を委託するという形をとっている。既存の組織を利用し、実務経験の豊かな州政府の人材を活用して問題解決を図るこの制度は、1987年現在で448の研究を完了していることからわかるように、非常に有効に機能している。また、次に述べる研究テーマの決定方法により、同じテーマの研究が各地で重複して行われる無駄を防止するとともに、関連したテーマを新たに見出すという効果をもたらしている。

NCHRPの研究テーマは、次のようなシステムに従って決定されている。

- ① AASHTOの構成員である各州道路局から問題点を提出する。
 - ② 問題の共通性や緊急性、研究にかかる時間と費用の効果を考慮し、選別にかける。
 - ③ 選別された問題をAASHTO研究課題選定委員会（SCOR, Select Committee on Research）にかけ、新しい研究計画を立てるか、関連した経験等を集約して技術集成とするかの決定を行う。
 - ④ 選定委員会で優先順位をつけたリストをAASHTO理事会に送付する。
 - ⑤ AASHTO理事会で最終決定を行う。
 - ⑥ TRBとFHWAで査読の後、研究を開始する。
- 研究はAASHTOの構成員である各州がTRBの上部機関である全国科学アカデミー（NAS）と委託契約を行って実施されている。その資金はHP&R資金の4.5%をあてる⁶⁾ことになっており、総額は1987年度で770万ドル（1982年度は440万ドル）である⁷⁾。研究業務のうち約40%は大学等に割当てられ、研究所等へは26%、コンサルタント等へは33%、残りは州政府等が担当している⁸⁾。

研究成果はTRBより出版されており、1987年度末の累計でNCHRPレポートが287冊、技術集成(Synthesis of Highway Practice)が128冊、研究ダイジェストが160部という状況である⁷⁾。

(3) FCP (道路研究開発に関する連邦政府の調整事業, Federally Coordinated Program of Highway Research and Development)

FCPは1971年に設けられた制度で、FHWAによる研究の主要な部分がFCPに占められている。州政府はほとんどの道路網を運営しており、また大規模な研究を管理しかつ研究に携わる要員を擁しているの、研究開発には州政府の参加が不可欠であるとの観点からFCPは設けられた。FCPの目的は、連邦政府の資金が入っているHP&RとNCHRP、およびFHWAが独自の資金によって民間コンサルタントや大学に委託して行う研究、FHWAのスタッフによる自主研究、これらの4研究事業に関して調整を行うことに置かれている。なお実際にはHP&RとNCHRPの業務のうち70%が何らかの形で関与しており、残る30%は州の地方的な研究等でFCPは関与していない。

(4) 郡、市における研究

連邦政府や州政府による研究のほか、多くの郡や市の道路担当部門で研究や研究に対する協力が行われている。その中心は全国郡協会と全国市連盟にあるが、純粋な研究より技術移転に力点を置いている。また郡や市は新工法や新製品の試験場所やデータの提供という形で直接的な参加をしている。

(5) 民間における研究

民間における道路関係の研究動向を把握することは難しく、アメリカにおいても実態はとらえられていない。研究内容とその規模を公表している会社はほとんどないこと、道路業界の会社数が多く代表的な会社が少ないので調査が難しいこと、道路以外に適用できる材料や工法に研究の主体がある場合が多いこと、などがその原因である。

一方、協会等では研究機関を設けている所があり、たとえばPCA (アメリカ・ポルトランド・セメント協会)やAI、アメリカ砕石協会などが研究所を設置している。残念ながら、1981年からの不況で工事が減少し、これらの研究機関は縮小あるいは閉鎖したところもあり、民間レベルの研究は低迷気味である。しかし1982年の陸上交通援助法制定後は研究費も増額されており、民間レベルでの研究も復活することが期待される。たとえばNAPA教育事業団が1986年にアラバ

マ州 Auburn 大学に設置したNCAT (全国アスファルト技術センター)などは最近の明るいニュースである⁸⁾。

4. 道路研究の問題点と最近の動向²⁾

アメリカにおける道路研究開発費が全道路事業費に占める割合は、1965年で0.25%であったものが1982年には0.17%に低下している。他産業との比較でも、1982年における情報産業の研究開発費は総売上額の6%、自動車産業で3%、食品等でも1%であるのと比べれば、格段に低いといわざるを得ない。2. で歴史的に見たように、道路に関する研究は自動車の大型化・高速化と相互に関連しながら進展してきたことは事実であり、最近のこのような傾向は見過ごすことはできない。道路研究開発費の経時的な減少、あるいは資金の絶対額の減少の理由として、アメリカでは次のような原因が指摘されている。

- ① 道路工事は比較的小規模であり中小の請負業者が施工している。これらの業者が自ら研究を行う可能性は低い。
- ② ほとんどの道路は公共事業であり、道路関連の研究は政府の短期的な予算編成方針に従わざるを得ない。特に最近の緊縮財政下では、研究は不要不急のものと考えられがちである。道路では特に、研究が遅れても大きな損害が発生するわけではなく、現在の材料や工法が最善のものでなくても他の道路建設会社と比較して不利な立場になることはない、という考え方がある。
- ③ 道路が一般市民の生活にあまりにも身近かであるために、道路の問題は誰もが理解でき、その解決の方法は決して難しいものではないという錯覚がある。
- ④ さらにアメリカでの特徴として、人事異動が激しい一州道路局の行政官の40%の任期が18か月以下—ということから、すぐに結果が出る課題を重視し、基礎的・長期的な研究が無視されがちである。

1982年の陸上交通援助法の制定前後の道路研究をとりまくアメリカの情勢は以上見てきたとおりである。同法の制定により財政事情は好転したが、研究の面での位良くなったかは未だ評価できる段階ではない。TRBが提案したSTRSにもとづき実行に移されることになったSHRPは、ようやく1987年度の運輸交通・都市再配置援助法により組織の設置と予算の執行

が認められたところである⁹⁾。SHRPの組織はTRBと同レベルとされ、既に人員の配置も行われている。また研究委託公告も出されており¹⁰⁾、順調に進行している。

5. 新道路研究計画の概要

「荒廃するアメリカ」という状況をもたらした原因の一つとして、道路に対する研究投資が不十分であったことがあげられるが、その反省の意味で積極的な研究投資を行い、社会資本としての道路の質を向上させることを目的としてSHRP (Strategic Highway Research Program) が発足した。

SHRPを直訳するならば戦略的道路研究計画であるが、日本語の語感としては不適當なので、日本語ではもっぱら「新道路研究計画」と称している。新道路研究計画では、これまでにない大規模な道路に関する調査研究が行われる。新道路研究計画から得られるデータは、日本にとっても有用と考えられることから、積極的な研究協力を行うことが計画されている。

5-1 新道路研究計画発足の経緯

新道路研究計画が発足するまでの経緯は、以下のとおりである。

・1970年代後半～

社会資本、特に道路の質の低下について「荒廃するアメリカ」という世論の声が高まる。アメリカ連邦議会が、道路に関する集中的研究の必要性を示唆した。

・1983年

FHWAが、道路に関する総合的研究の基本方針について、TRBに検討を委託した。

・1984年春

TRBより「America's Highways Accelerating the Search for Innovation」²⁾が出され、研究の基本方針および研究すべき課題が示された。

・1984年7月

AASHTOが、SHRP計画の支持を表明した。

・1984年10月

FHWAの支援を受け、AASHTOの組織としてSHRP事務局を設置した。

・1984年10月～1986年3月

SHRP事務局が、NCHRPを通じて研究計画の作成を委託した。

・1986年5月20～23日

バージニア州アレキサンドリアで、新道路研究計画に関する国際会議が開催された。日本からも3名が出

席した。

}

この間、SHRPに関する研究予算法案の審議が行われた。

}

・1987年1月

可決した法案に対して、大統領が拒否権を行使した。なお、この拒否権は、SHRPに反対し出されたのではなく、抱合せで可決された他の法案に対して出されたものである。

・1987年3月

大統領の拒否権を上院が覆し、研究計画の発足が正式に決定した。

・1987年5月

SHRPに関する日本側窓口(国際コーディネータ)を決定した。

・1987年8月

SHRP第1四半期の調査計画が完成した。

・1987年10月

新道路研究計画が正式に発足した。

・1988年1月

TRBの年次総会で、SHRPに関する特別セッション(調査計画の進行状況の報告、質疑応答)が行われた。

5-2 新道路研究計画における研究課題

新道路研究計画の基本計画の作成を委託されたTRBでは、

・近年、積極的な研究が行われていない。

・研究成果によってもたらされる波及効果(研究投資によって得られる利得)が大きい。

という2点を判断基準として、以下の6つを研究課題として選定した。

(1) アスファルト

舗装用アスファルトとして必要な物理的および化学的な性状を明らかにし、アスファルトの品質規定を改善することで、舗装の耐久性を向上させる。

(2) 舗装の長期供用性

各種の交通条件、環境条件下における舗装の長期供用性について調査し、舗装の設計方法を改善する。この課題については、国際的な研究協力がアメリカから要請されている。

(3) 道路維持管理費用効果

各種の道路施設の維持管理計画を作成する。また、維持管理の手法や材料を開発し、維持管理作業の効果

を高める。

(4) コンクリート橋の保全

コンクリート橋床版の、塩害防止対策について調査する。

(5) セメントとコンクリート

セメントコンクリートの耐久性を向上させる。

(6) 雪氷対策

除雪技術や融雪剤の改良を図る。

5-3 基本計画

(1) 研究予算

アメリカの道路関係予算の配分システムは、日本と若干の違いがある。日本の直轄国道と高速自動車国道の機能を兼用した道路として、アメリカには州際道路がある。日本では、国道を直轄国道と補助国道に分けており、直轄国道は建設省、北海道開発局および沖縄総合事務局が管理し、補助国道は都府県が管理している。それに対し、アメリカではFHWAが予算配分権を握っており、実際の道路管理は各州が行っている。

新道路研究計画の予算は、FHWAが各州に配分する予算のうち0.25%を充てることとしており、5年間で1.5億ドルを研究に支出する計画を立てている。

(2) 研究方法

5-2の(2)以外の課題については、各四半期ごとに調査課題（それぞれの研究課題のために調査が必要な小課題）が予算とともに示され、調査への参画を希望する研究機関がSHRP本部に対して提案を行い、本部の審査を経て、適切な計画を作成した研究機関に予算が割り付けられることになっている。この予算は、アメリカ合衆国内ならば官学民いずれの調査機関でも受けることができる。

5-2の(2)舗装の長期供用性については、各州が調査区間を選定し、経年的に供用性の調査を行うこととしている。この課題については、世界各国に試験舗装を設け、同時並行的に供用性の調査を行うことで、データの数および幅を広げることが計画されており、世界各国に研究協力が要請されている。

(3) 国際的な研究協力体制

5-2の(2)舗装の長期供用性についてはSHRP本部から世界各国に対して試験舗装への協力を呼びかけている。昭和62年11月時点でこの呼びかけに応えた国々は、

オーストラリア、オーストリア、ベルギー、チリ、デンマーク、エジプト、フィンランド、フランス、西ドイツ、ギリシャ、香港、アイスランド、インド、ア

イルランド、イタリア、日本、ルクセンブルグ、メキシコ、ノルウェー、オランダ、ニュージーランド、サウジアラビア、スペイン、スウェーデン、トルコ、イギリス

である。これらの国々が全て試験舗装に直接参加するとは考えられないが、何らかの形（人員の派遣、過去の調査データの提出など）で協力をするということになると思われる。

海外における試験舗装および追跡調査に必要な費用は、各実施機関が負担することになるが、その結果はSHRP本部が準備するデータバンクに全て集められ、総合的な解析が行われることになっている。

(4) 調査機関

新道路研究計画は、アメリカの88会計年度（1987年10月～）から92会計年度（～1992年9月）までが設定期間である。しかし、舗装の長期供用性調査については、調査機関が5年間では不十分であるため、93会計年度以降15年間の延長が予定されている。

5-4 日本の研究協力体制

AASHTO道路試験が行われたのは、「強きアメリカ」の時代であったこともあり、調査結果が公開され、比較的自由に成果を入手することができた。しかし、最近の世界的な研究の傾向として、成果を入手するためには、その研究に対して何らかの貢献をすることが求められるようになっている。日本の研究ただ乗り論や技術面の貿易不均衡などが新聞紙面を賑わせているが、新道路研究開発に関しては、日本も積極的に研究に協力し、主体的な役割を果たす予定である。

5-2の(2)舗装の長期供用性については、建設省および北海道開発局が管理する国道上に調査区間を設け、経年的に供用性を調査することを計画している。調査区間の設定方法や調査方法は、基本的にアメリカ側から示された調査計画に従うこととしている。ただし、日本だけで必要な情報（耐流動性や耐摩耗性の試験結果など）は、調査項目に追加する予定である。なお、建設省や北海道開発局だけでは、条件を満足する調査区間数が十分でないことが予想されるため、他の機関にも協力を依頼することも検討されている。

5-2の(1)(3)(4)(5)(6)については、直接参加による研究協力はしない予定であるが、日本国内における研究成果で有意義なものがあれば、SHRP本部に対して適宜提示する予定である。

以上のとおり、当面は舗装の長期供用性に課題を絞って、調査を進めていくことになる。

5-5 新道路研究計画で期待される効果

(1) 舗装の材料規格、設計方法、維持管理への反映

① アスファルト

日本の舗装用アスファルトの規格は、ASTMによって定められた規格にもとづき、日本における研究成果を加味して現在の規格が定められるに至っている。新道路研究計画では、舗装用アスファルトとして必要な物理的および化学的な性質を明らかにすることが予定されている。その結果は、舗装用アスファルトの規格に反映され、規格値の改訂につながることは明らかである。

② 舗装の長期供用性

1956～60年にかけて実施されたAASHO道路試験の成果が、その後の舗装の設計方法に大きな影響を与えたことは疑う余地はないが、新道路研究計画における成果はそれを上回ることが予想される。

AASHO道路試験の結果にもとづく舗装の設計方法は、材料ごとの相対強度係数の導入など、経験にもとづく設計方法である。新道路研究計画の結果得られる設計方法も、経験的な設計方法とすることを基本線としているが、材料特性値の測定項目に弾性係数（レジリエントモデュラス）を取り入れるなど、理論的な設計方法への拡張を意識している。弾性係数にもとづく設計方法が実用化されれば、新材料や新工法の現場での評価の一部を計算によって行うことが可能となり、新技術の実用化までの調査期間が短縮される。

③ 維持管理の費用効果

維持管理の費用効果については、舗装以外の道路施設も対象となっているが、舗装に関するウエイトが非常に大きくなっている。近年、舗装維持管理システムについての研究がさかんになっているが、維持修繕も含む合理的な設計方法にもとづくことで、実用的な舗装維持管理システムの作成が可能となる。また、維持管理の手法や材料を改善することで、舗装の耐久性が向上する。

(2) その他の研究課題

研究テーマの(4)(5)(6)は、材料や施設の維持管理に関わるものであるが、いずれも日本として関心あるテーマであり、道路管理にたずさわるものにとって、有用な情報となることが予想される。

おわりに

アメリカの道路研究の過去および現在について概観したが、積極的な研究が行われた時代から、研究投資が減少し荒廃するアメリカに至り、その反省から再び積極的な研究投資を行おうとする過程の概要をつかむことができたといえる。これらの過程は、荒廃する日本を招かないための、重要な示唆を含んでいるといえる。

本文の最後でふれたSHRP計画は、今後の道路研究に大きな影響を与えることが予想される。SHRPについては、また機会があればその成果概要を報告することとしたい。

— 参考文献 —

- 1) 67th Annual Meeting Preliminary Program, TRB, 1987.
- 2) America's Highways Accelerating the Search for Innovation, TRB Special Report 202, TRB, 1984.
- 3) McMahon, T.F. et al., FHWA Rigid Pavement Research Program-A Historical Review, Proceedings of 2nd International Conference on Concrete Pavement Design, 1981.
- 4) 別所正彦他, アメリカ道路史, 原書房, 1981.
- 5) 武田文夫, 交通の計画と経営, 白桃書房, 1986.
- 6) HRB/TRB Annual Report 1974, TRB, 1984.
- 7) 1987 Annual Report, TRB, 1987.
- 8) Tr News No.127, TRB, 1986.
- 9) TR News No.132, TRB, 1987.
- 10) Focus, Nos. 16-26, SHRP, 1987.
- 11) 舗装委員会: アメリカの新道路研究計画 (SHRP) について, 道路, 第545号, (社) 日本道路協会, pp. 63~67, 昭和61年7月

アスファルト舗装に関する諸外国の組織・団体の現況

飯 田 章 夫*

わが国のアスファルト舗装技術に影響を及ぼしている諸外国の組織や団体の数はかなり多いが、その組織の内容や運営方法、文献の種類や入手方法などの情報については十分であるとはいえない。アメリカ合衆国のいくつかの団体の現況は既に本誌145号⁽¹⁾に紹介されているが、ここではその後判明した情報を加え、また他の国の主な団体や国際会議等も新たに調査してそれらの活動状況を紹介することとした。

- (1) 飯田章夫、アメリカ合衆国における道路舗装の現状、アスファルト、145号、昭和60年12月、

1. AAPT (アスファルト舗装技術者協会, Association of Asphalt Paving Technologists, 連絡先: Office of the Secretary-Treasurer, University of Minnesota, 134 Civil & Mineral Eng. Building, 500 Pillsbury Drive, S.E., Minneapolis, Minnesota 55455-0220, U.S.A.)

AAPTは会員制の民間団体であり、会員資格としてアスファルト舗装技術に関心を有する者で3年以上の経験を有する者など、厳しい条件が規約に定められている。年に1回の大会が開催されており、その論文は1冊にまとめて論文集として出版されている。大会での論文発表は非会員でも認められるが、論文の書き方、発表方法等に条件がついており、発表論文の質的向上に努力している。それだけに年1冊の論文集はその1年間のアスファルト舗装技術の達成度の指標といえるであろう。

AAPTの入会費は正会員・準会員に対し15ドル、年会費は50ドルで、1985年現在808人の会員を擁している。わが国からは4名が加入している。

2. AI (アメリカ合衆国アスファルト協会, The Asphalt Institute, 連絡先: Asphalt Institute Bldg., Colledge Park, Maryland 20740 U.S.A.)

AIはアスファルト産業関連会社54社(1985年現在、合衆国31社、カナダ6社、南アメリカ2社、ヨーロッパ8社、中近東3社、アジア4社)を会員とする非営利の協会であり、アスファルト材料の生産者と消費者に技術協力・研究・教育を通じて奉仕することを目的に、1919年に設立されたものである。

組織としては、Maryland大学構内の本部に理事会と事務局があり、地方組織として4箇所の地方事務所、その下に25箇所の地区事務所がある。理事会は年に1度開催され理事長が主宰する。日常業務は本部の事務局長が担当する。本部には総務、技術、広報の3課があり、一方で会員会社とAIの職員により技術委員会が構成されている。技術委員会には国際技術、設計、建設技術、および特別の4委員会がある。地方には地方技術委員会がある。

事業としては他の団体(TRB, ASTM, AAPT, NAP Aなど)との協力のほか、独自に教育活動も行っている。たとえば大学に対する研究資金助成や奨学金の制度を持つ一方、協会で作成した視聴覚教材を用いた講演会を主催したり、出版物の配布を通じて実務に携わる技術者や学生に技術情報を提供している。定期刊行物としては27,000部の発行部数をもつ季刊のasphaltnewsの他、H Q U P D A T E, R & D Progress, Flashpointが発行されている。

わが国では特に出版物による情報の恩恵をうけている。この協会の出版物は非常に多く、マニュアルシリーズ(MS)22冊、仕様書シリーズ(SS)3冊、研究レポート(RR)15冊、教育シリーズ(ES)12冊、その他のリーフレット類、コンピュータプログラム、教育用映画やスライドなどが入手可能である。いずれも平易な用語を用いて記述されており、初級から高度の技術まで豊富に揃えられている。いずれも定期的に改訂されており、見のがせない情報源となっている。わが国では日本道路建設業協会より道路技術資料としてMS-3, 6, 8, 12および16が翻訳出版されており、またMS-19が日本アスファルト乳剤協会によ

*いいだ あきお 日本道路公団建設第一部工務第一課課長代理

て翻訳されている。

参考資料 The Asphalt Institute-What it is and what it does, IS-110, Oct., 1979
Asphalt Institute Publications, Jan. 1986

3. NAPA (アメリカ合衆国全国アスファルト舗装協会, National Asphalt Pavement Association, 連絡先: 6811 Kenilworth Avenue, Riverdale, Maryland 20737, U.S.A.)

NAPAは加熱アスファルト混合物の製造に携わる企業と舗装工事に携わる企業を会員とする同業者協会である。協会の業務としては研究開発の実施, 技術関連文献の発行, 市場調査などがあり, 一方で政府機関や議会等に対し加熱アスファルト混合物関連業を代表する組織でもある。合衆国内では州単位の会員活動に基礎を置くほか, 国際化をも意図している。

会員は通常会員, 准会員, 国際会員, 終身会員, 名誉会員および個人会員からなる。通常会員は合衆国において営利を目的として加熱アスファルト混合物の製造に従事する個人または企業に資格があり, 1985年現在で601社が加入している。会費は販売トン数に比例して定められる。准会員は賛助会員や工事請負業会員, コンサルタント会員, 機械器具供給業会員, 小規模混合物販売者会員, 主要准会員に分かれており, 214社が加入している。会費は准会員の各資格によってかわる。国際会員は23か国から74社が加入しており, わが国からは8社の加入がある。会費は年間200ドルである。名誉会員は5名, 終身会員は3名, 個人会員は13名となっている。

組織としては, 会員が2社以上存在する州では州選出理事があつて州単位の代表者となるほか, 全国を14地域にわけて地域担当理事が任命されており, 一方本部では理事会長, 3名の副理事会長, 幹事長, 収入役および地域担当理事からなる理事会, および本部事務局がある。委員会としては役員会, 財務委員会, 顕彰委員会, 理事役員等指名委員会, 品質向上委員会などが設けられている。

出版物は非常に多く, 品質向上シリーズ (QIP) 15冊, 研修シリーズ (TAS) 18冊 (うち2本は映画), 情報シリーズ (IS) 31冊, 経営シリーズ (MS) 7冊, 広報シリーズ (PS) 15冊, 広報補助シリーズ (AID) 5冊, 安全衛生シリーズ (HS) 16点 (スライドやポスターを含む), および経営者養成用映画や技

術映画などが入手可能である。いずれも実務的な内容であり, アスファルト舗装業界の代表的団体という性格を如実に表象しているといえよう。

定期刊行物もあり, 月刊の Marketing for Profit, 季刊の Paving Forum と Focus がそれぞれ発行されている。

参考資料 NAPA 1985 Membership Directory
NAPA Publications & Films 1987

4. ARRA (アメリカ合衆国アスファルト舗装再生協会, Asphalt Recycling and Reclaiming Association, 連絡先: #3 Church, Suite 250, Anapolis, Maryland 21401, U.S.A.)

ARRAはアスファルト舗装再生工事に関連する企業または個人を会員とする非営利の同業者協会であり, 1976年に設立されたものである。

会員は通常会員, 准会員, 関連会員および名誉会員からなっている。特に国際的な組織を意図してはいないようであるが, 日本やカナダ等9か国からの会員も加入している。通常会員はアスファルト舗装再生工事に係る業務に携わる個人または企業に資格が認められており, 1985-86年の通常会員数は63社, わが国からは5社が通常会員となっている。なお会費は年間750ドルである。准会員はアスファルト舗装再生工事に用いる資材や機械等の供給に携わる個人または企業に資格があり, 会費は年間750ドル, 34社が加入している。関連会員はコンサルタント, 政府関係機関や教育関係者等に資格があり, 会費は年間75ドル, 35機関が加入している。名誉会員は会費免除で, 3組織および4名が会員となっている。

組織は17名からなる理事会, 会長, 2名の副会長および事務局長からなる。委員会は常温再生工法委員会, 常温切削工法委員会, 加熱再生工法委員会, 加熱表層再生工法委員会などが設けられている。年次総会と年に2度以上の理事会が開催されるほか, いくつかの会合が開催されている。出版物としては隔月刊の Newsletter がある。

参考資料 ARRA 1985-86 Directory

5. AASHTO (アメリカ合衆国州政府道路交通運輸担当官協会, American Association of State Highway and Transportation Officials, 連絡先: 444 North Capitol St., N.W., Suite 225, Washington D.C., 20001, U.S.A.)

AASHTOの前身は1914年に設立されたAASHOであり、TRBの例に似て、T（交通運輸）の一字を加えた形で現在に至っている。

AASHTOは非営利・非党派の法人組織である。その目的は合衆国各州政府とワシントンD.C.およびプエルトリコの道路交通運輸担当官を代表し、全国の総合的な交通運輸体系（道路、鉄道、航空、水運、公共運輸機関の5分野を包括する）の開発、運営、維持を奨励することにある。

会員は組織単位であり、かつ政府関連機関のみが資格を有しており、個人や民間企業からの加入は認められない。正会員は合衆国各州とワシントンD.C.、プエルトリコの州DOT（交通運輸省）の52組織である。他に准会員と賛助会員がある。准会員は連邦政府の関係省庁と州政府レベルの有料道路公社等9組織からなり、賛助会員としては合衆国の准州（今は存在しない。かつてはハワイとアラスカが准州だった）、カナダとメキシコの州と准州、およびその他の国の道路交通運輸機関が加入できることになっている。賛助会員の会費は年間750ドルで、AASHTOの出版物や情報を受けられる権利を与えられる。現在は香港の公共事業省や韓国道路公社、カナダ各州道路交通運輸機関など15組織が賛助会員である。

AASHTOの組織としては、理事会と各種委員会があり、計画、行政、道路、道路交通安全、鉄道等の委員会が構成されている。この中でかつてはAASHO道路試験が企画され、またAASHTO材料規格および試験法を制定するなどの活動が行われている。

定期刊行物としては週間のAASHTO JournalとRegs Reportがあり、また季刊のAASHTO Quarterlyがある。いずれも合衆国の交通運輸関係全般を扱っている。この他、材料規格・試験法や最近発行された舗装構造設計指針など約60点の出版物が入手可能である。

参考資料 AASHTO, What is AASHTO?
Publication List, AASHTO

6. TRB（交通運輸研究委員会, Transportation Research Board, 連絡先：2101 Constitution Avenue, N.W., Washington, D.C. 20418 U.S.A.）

TRBは旧称をHRB (Highway Research Board) といい、1920年に道路研究の促進を目的として全国科学アカデミー(NAS, National Academy of Sciences)の一組織として設立され、1974年3月に鉄道や航空な

ど道路以外の運輸交通部門を取り入れてTRBとなった。約3300名からなる270の委員会を持ち、1987年度の決算収入額1485万ドル、個人会員2112名、スポンサー（州政府が主体）56団体、維持会員10社、賛助会員192社からなる大規模な団体である。

年1回ワシントンD.C.で開催される大会や年数回開催される特定テーマによる集会などの行事のほか、隔月刊の機関紙TR Newsや大会の論文をテーマ別にまとめたレポート(Rシリーズ)、TRB職員や委員会がまとめた特別レポート(SRシリーズ)、NCHRPのレポートや技術集成(synthesis)、研究ダイジェストなど数多くの刊行物の出版も行っている。

年会費は個人会員の場合35ドル、維持会員は5000ドル、賛助会員は450～2100ドル、スポンサーはその規模によって異なる。

出版物は会員に配布される。個人会員の場合は前納制で、29のテーマのうち必要とするテーマを予め選択して登録しておく制度となっている。

参考資料 1987 Annual Report

TR News No.132, TRB, 1987.

7. ASCE（アメリカ合衆国土木学会, American Society of Civil Engineers, 連絡先：345 East 47th Street, New York, NY 10017, U.S.A.）

ASCEはアメリカ合衆国の土木技術者を代表する組織として1852年に設立された団体である。活動状況などはわが国の土木学会を通じて広く紹介されており、一方で舗装分野の活動はほとんど見られないので、ここでは概要を紹介するととどめたい。

ASCEの会員数は合衆国内で95,000人であり、かつ海外会員も多い。会員資格は学生会員、准会員、正会員、フェローおよびアフィリエイトの5種がある。准会員は土木工学または関連学科を卒業して実務経験が5年以下の者が対象である。正会員は4年制大学関連学科卒業後5年以上の経験を有する者、またはPE（技術士）あるいはLS（測量士）の資格を有する者が対象である。フェローはPEまたはLSの資格を有し正会員年数が10年以上の者でなければならない。アフィリエイトは関連学科以外（会計学、法律、経営学、工学系または理科系の各学科）を卒業した者が対象となる。なお合衆国以外の者が会員となる場合には、当該国の土木学会の会員であり、かつ3通の推薦状が必要である。このようにASCEの会員資格はかなり厳しく、土木技術者の実務的経験にもとづくものであり、

その会員であることがひとつのステータス・シンボルになっていることがわかる。

組織はわが国の土木学会と類似で、本部の他に地方支部と各大学の学生支部がある。本部では22の技術部会があり、道路関係は道路技術部会が担当している。それぞれの部会には作業委員会がある。

出版者としては月刊の会員誌 Civil Engineering と ASCE News があり、各技術部会では別に Journal を発行しており現在は15種類に及んでいる。この他に大会論文集や文献抄録、各種報告書などが出版されている。なお毎年出版カタログが発行されているが、舗装という分類はなく、道路・街路という分類の中に数点の舗装関係文献が見出されるのみである。

参考資料 Your Future and ASCE, 1984.

ASCE Catalog of Publications 1987.

8. TRRL (イギリス交通運輸道路研究所, Transport and Road Research Laboratory, 連絡先: Crowthorne, Berkshire RG11 6AU, U.K.)

TRRLはイギリスの運輸省の管轄下にあり、道路を中心とした交通運輸関係の総合的な研究所である。1930年に道路工学や土質力学、あるいはコンクリートや瀝青材料等を研究するために設立された試験室が母体となり、1933年に道路研究所 (RRL) と改称し、さらに1972年には交通工学や道路安全施設等の運輸交通に関する部門を設けて現在の名称を用いることになった。

1979年時点での組織は運輸部門、交通および安全部門、技術部門の3部門の下にそれぞれ2つの部、合計6部がある。これ以外に官房があり、総務・庶務、技術サービス (工作室など)、研究サービス (資料室など)、海外サービスの各組織からなっている。

TRRLの本部組織はパークシャ州にあり、スコットランドに支所が設けられている。本部は約100haの敷地をもち、職員は1,000人、その1/2が科学者と技術者である。

舗装関係は技術部門の中の道路部が担当しており、この部は次の3課から構成されている。舗装設計課は舗装構造基準に関する業務を担当し、材料課はアスファルトやコンクリート等の道路材料の性質を扱っている。建設・維持課は道路舗装の建設と維持のマネジメントと品質管理に関する事項が担当である。

官房の中の海外サービス組織では、海外協力省の資

金により、発展途上国への研究面における技術援助がなされており、海外からの研修員も受け入れている。

TRRLからの出版物は非常に数が多く、1か月に数点が発行されている。わが国ではイギリスの舗装設計指針といわれる Road Note 29 やコンクリート舗装工指針である“A Guide to Concrete Road Construction”などがよく参考文献として引用されている。なおTRRLの出版物は1985年以降は有料となったが、これ以前の出版物はすべて1ポンドで入手可能である。

参考資料 Transport and Road Research Laboratory, 1979

List of TRRL Reports and Digests

9. OECD (経済協力開発機構, Organization for Economic Cooperation and Development, 連絡先: OECD Publications Service, 2, Rue Andre-Pascal, 75775, Paris, Cedex 16, France, またはOECD東京広報センター, 〒107東京都港区赤坂2-3-4 ランディック赤坂ビル)

OECDは1961年9月に設立された国際機関で、1948年に設立されていたOEEC (欧州経済協力機構) を受け継いだものである。イギリス、アメリカ等をはじめ日本を含む24か国、欧州共同体委員会および特別扱いのユーゴスラビアがその構成員である。OECDの目的は加盟各国の経済の安定成長と発展途上国援助、および貿易の拡大を促進することにある。

組織としては各国の代表1名からなる評議会が最高機関であり、理事会がこれを補佐する。実際の作業は約200ほど存在する専門委員会と作業部会が担当する。また附属機関として国際エネルギー機関、欧州運輸大臣会議など5機関がある。

OECDが関与する分野は非常に広範で、出版物目録によれば経済分析と予測、エネルギー、開発援助、労働社会問題、産業・科学技術など12分野があげられている。

道路等は運輸・観光の分野の中にあり、特に舗装関係はその中の「道路と橋梁の建設維持保全」の分類に含まれている。これらの研究は1968年に発足したOECD道路研究運営委員会が担当しているものである。この委員会では道路に関する計画・設計・建設等についてテーマごとに研究グループを組織して委員会を開催するほか、セミナーやシンポジウムを開催するなど幅広い活動を行っている。目録によれば11の文献があり、たとえば実物大舗装試験や道路路面性状等の研究

報告が含まれている。

上記のような専門分野別の出版物の他、The OECD Observer(隔月刊)、Activities of OECD(年刊)、News from OECD(月刊)などの定期刊行物が発行されている。

標記の東京広報センターでは出版物を入手できるほか、英文出版物は自由に閲覧できる。また報告書を日本語へ翻訳出版することも奨励している。

参考資料 経済協力開発機構総合出版物目録1987年版

野々田 充, 路面のメンテナンス技術, アスファルト145号, 昭和60年12月。

10. アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議 (International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, 連絡先: Dept. of Civil Eng., College of Eng., The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, U.S.A.)

この国際会議は1962年にミシガン大学で第1回が開催されて以来5年ごとに行われているもので、最近では第6回会議が1987年7月にミシガン大学で開かれた。

会議の主要課題は回を重ねるごとに変化してきているが、実際の道路における供用性によって検証されたアスファルト舗装の理論的な構造設計の手法の追求という意味では一貫しており、舗装に関する国際会議の中では特に質の高いものとなっている。

会議の運営はミシガン大学が中心となっているようであるが、第3回はイギリスでTRRLとの共催、第5回はオランダのデルフト工科大学で開催となっており、全面的にミシガン大学が主催するとは限らないようである。

第6回のミシガン大学での開催にあたっては、財政的に運営が苦しく、各種団体からの寄附のほか個人レベルの寄附を依頼し、額に応じて論文集の無料配付や登録料免除などの特典を与えるという企画がなされた。その結果、83論文が発表され第6回会議は無事終了することができた模様である。

参考資料 Proceedings, 6th International Conference, 1987.

11. 舗装の支持力に関する国際会議 (International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields)

1982年6月にノルウェー工科大学で開催された道路と空港の支持力に関する国際シンポジウムが第1回と

なり、これに続いて1986年9月にイギリスで第2回国際会議が開催された。

事務局などの永久的な組織はなく、そのつど国内委員会と国際委員会が組織されて運営が行われているようである。なお第2回国際会議の国際委員会に日本から日本大学の阿部頼政教授が入っている。

第1回のシンポジウムは、支持力の概念、支持力の指標、支持力の測定とデータ処理など全般的な事項がテーマとなっている。第2回の会議では、第1回のテーマをうけ、特に舗装の維持管理と改築のための支持力評価の新しい手法や器具、既存の手法による測定例、測定技術の経済性などに関する発表と討論が主な目的となっている。

第1回および第2回とも論文集が発行されている。

12. REAAA (アジア・オーストラレーシア道路技術協会, The Road Engineering Association of Asia and Australasia, 連絡先: The Office of the Director-General of Public Works, Public Works Dept., Headquarters, Jalan Swettenham, Kuala Lumpur, Malaysia)

アジアおよびオーストラリア州の道路関連技術者の技術向上を図るため、1973年に結成された国際団体である。

1970年にタイのバンコクで開催された道路建設セミナーで、この地域の道路技術協会の必要性が認識された。これまでこの地域内で研究成果の交換や協力が欠除していたことが反省され、技術は先進国に頼らざるを得ない面もあるが、環境条件が類似しているこの地域間で協力しあうのが有利であるとするのがその理由である。1973年6月にクアラルンプールで19か国から300人が参加し、REAAA (REトリプルA) が結成された。

事務局は永久組織で、会長、4名の副会長その他の職がある。会員は名誉会員、通常会員、団体会員、参加会員、準会員の5種があり、入会するには2名の会員の推薦が必要である。

参考資料 The History and the Constitution of the Road Engineering Association of Asia and Australasia, 3rd Ed., Sept. 1980.

13. PICA (日加寒冷地舗装会議, Paving in Cold Areas, 日本側部会事務局: 建設省土木研究所道路部

内)

日本とカナダの2国間において科学技術各分野における協力を進めるため、1973年から定期協議が続けられている。1980年の第4回日加科学技術協議において寒冷地舗装が新しく協力課題として採択され、両国の調整を経て1982年にバンクーバーにおいて第1回の専門部会(Workshop)が開催された。その後、筑波において第2回が1984年に、またオタワにおいて第3回が1987年にそれぞれ開催されている。

この専門部会の目的は、両国に共通する問題である寒冷地における舗装の設計・施工・管理等の技術的困難を解決するため、両国の研究・技術情報等の交換、および研究者・技術者等の交流、両国機関による研究・技術開発等の協力計画を推進することにあるとされている。ほぼ3年に一回程度の頻度で会議を開き、報告と討議が行われ、次の議題が決定される。

日本側では寒冷地舗装技術専門部会が組織されており、建設省土木研究所長を部会長とし、委員は寒冷地舗装の研究や技術に関係する国内の関連機関(北海道開発局、東北・北陸・関東の各地方建設局、運輸省港湾技術研究所、日本道路公団など)によって構成されている。

出版物としては、各専門部会の開催ごとに論文集が出されている。

14. I R F (国際道路連盟, International Road Federation, 連絡先: 1023 Washington Building, Washington D.C., 20005, U.S.A.)

第二次世界大戦の後、各国の道路建設関係者がアメリカ合衆国に集まったとき、道路整備を促進するための国際的な協力を行うことが話し合われた。そして合衆国の自動車、建設機械、石油、タイヤなどの工業界が中心となって結成されたのがI R Fである。1948年にワシントンD.C.とロンドンでまず結成され、1952年にパリで同様の組織が結成された。ロンドンとパリの組織は1964年に統合され、ジュネーブに本部が置かれて現在に至っている。

I R Fの本部はワシントンD.C.とジュネーブにそれぞれ存在し、各本部にはそれぞれ議長、理事会、会長(ワシントンの場合)または事務総長(ジュネーブの場合)が置かれ事務局員がおり、両本部の調整機関としてI R F世界評議会が設けられている。

I R Fの目的は、「道路の計画、建設および維持あるいは道路交通の発達を国ごとにも国際的にも適切な手

段をもって推進する」ことにあり、単に政府間レベルだけでなく、民間レベルや公社公団レベルの間の意思疎通と技術向上を図る努力を行っている。そのため各国における道路協会の設立と活動を推奨している。I R Fの会員としては、各国を代表する道路協会が准会員として位置づけられており、また活動を支える維持会員として建設業、建設機械製造業、コンサルタント、石油産業、ゴム産業および関連協会など500社以上が加盟している。わが国からは(社)日本道路協会、全国道路利用者会議、(財)高速道路調査会、(社)日本道路建設業協会などが参加している。

I R Fの主な活動は次のとおりである。

(1) 世界道路会議の開催

道路に関する財政、経済、計画、技術、管理、技術協力などの広範な問題について最新の情報を集め意見を交換するため、1952年にワシントンD.C.で第1回を開催して以来、およそ4年ごとに世界会議を開催している。第8回大会は1977年10月に東京で開催されている。

(2) 地域道路会議の開催

世界道路会議と同様に、地域的なレベルの討議を行うための道路会議が必要に応じて随時(2年に1回程度)開かれている。

(3) 技術研修

毎年20名前後の大学卒業生を大学院コースに学ばせるI R F留学制度などがある。

(4) 出版活動

I R Fでは道路および道路交通に関する広範な出版活動を行っている。

① World Highways 世界の道路に関するホットニュースを載せた月刊のI R F機関紙

② World Road Statistics (世界道路統計) 各国の道路延長、自動車保有台数、交通量、交通事故、道路投資額などの統計を載せたもので、世界の道路事情を知るためには欠かせないものである。毎年改訂されている。

③ 国際研究開発集録 各国の大学や研究所で行われている道路および道路交通に関する研究成果の要約をまとめたものである。約70か国について集録されている。

(5) 国際機関への協力と各国協会・政府へのサービス

I R Fは国際連合の道路輸送に関する諮問機関として非政府機関カテゴリーIIに属しており、国連の場で国際的活動を行っている。また世界銀行とも技術者の

訓練等について協力体制をとっている。

参考資料 第8回IRF世界道路会議実行委員会、
第8回IRF世界道路会議東京大会・記
録

15. P I A R C (常設国際道路会議協会, Permanent International Association of Road Congress, 連絡先: 43, Avenue du President Wilson, Paris 16, France)

P I A R Cは政府間レベルの国際団体である。20世紀初頭の自動車交通の急速な発展にともない、1907年にフランス政府は「新しい移動形態に適応し得るように道路を改良する方法」を研究することを目的として1908年にパリで世界大会を開くことを決定した。1908年10月、ソルボンヌにおいて第1回世界道路会議が開催され、日本や中国を含む28か国から1600人の代表が参加した。この中で、道路の問題に関するすべての情報を収集し、将来の大会のプログラムを作成するための中心的役割をもつ永久的な事務局を有する組織が検討され、1909年4月にP I A R Cが設立された。

事務局はパリにあり、理事会と会長、3名の副会長、事務局長などの職があり、技術委員会が常設されている。会員は各国政府であり、数ヶ国の代表が諮問委員会を構成している。

主な活動としては年4回のBulletinの発行と国際会議の開催がある。Bulletinは1911年以来発行され、協会事務に関する事項や世界の重要な道路工事、道路建設・管理に関する発明などの情報を会員へ提供している。国際会議はほぼ4年ごとに開催され、最近では1987年9月に第18回国際道路会議が76か国より2,500名の出席を得てベルギーのブリュッセルで行われた。

政府レベルでの会議であるだけにその規模は大きく、ベルギー大会では特定課題が舗装の建設と維持のテーマを含めて6課題、会議討論が3、セミナーがリサイクリングや半剛性舗装などを含めて9、技術委員会が12、および全員参加のセッションがあった。世界大会の報告書類は膨大であるが、それまでの4年間の各国の技術が集成されており、価値の高い文献となっている。

参考資料 A I P C A - P I A R C 1909-1969,
1970.

16. コンクリートブロック舗装国際会議 (International Conference on Concrete Block Paving)

コンクリートブロックを用いた舗装の研究、製造、販売、設計、施工などの各分野が集まる国際会議で、ヨーロッパ諸国が中心となって開催されている。第1回は1980年9月にイギリスのニューカースル・アポン・タインで開催され、第2回はオランダのヘーグで1984年4月に催された。第3回は1988年にイタリアのローマで開催される予定である。

事務局や組織は無く、また定期刊行物も発行されていない。会議の主催者はそのつど変わっており、第1回はニューカースル・アポン・タイン大学が主催しイギリスのプレキャストコンクリート連盟とセメントコンクリート協会が協賛、第2回はデルフト工科大学とニューカースル・アポン・タイン大学、P I A R C、ヨーロッパセメント協会、国際プレキャストコンクリート協会、オランダ道路研究所等が共催している。

第3回はPavitalia (イタリア・コンクリートブロック舗装製造業協会) が主催し、論文の提出を呼び掛けている。会議のテーマは「小さい要素からなるコンクリート舗装 (Small Element Paving of Concrete)」であり、設計や施工、応用などの面からの論文が求められている。連絡先は次のとおりである。

PAVITALIA

Via Venier, 10, 31100 Treviso, Italy

文献類の入手方法

ここで紹介した諸団体の大半は何らかの形で出版活動を行っており、主な出版物は各団体の項で述べたとおりである。これらの文献類の多くは土木学会あるいは日本道路協会をはじめとした道路関係の団体で定期的に購入されており、必要になった時点でこれらの団体に問い合わせをするのが最も速い方法である。しかし直接購入せざるを得ないときは次のような方法もあるので紹介することとしたい。なおこれは筆者がとっている方法であり、一般的には個人的に海外から物品を輸入する方法と同様である。

(1) まずカタログを請求する手紙を書く。出版業が主体になっている団体を除いて「カタログ送れ」程度の手紙では礼儀を欠くので、職務上の自己紹介、その団体を知った経緯、どのような文献が必要であるかを簡略に述べたあとカタログを請求するようにする。なお代金の支払い方法も知らせるように依頼するとよい。また会員の申込みをしたいときはアプリケーション・フォームも同時に請求する。手紙は出版関係の担当部長宛 (そのような組織の有無にかかわらず) にする方

が相手先の事務が早いようである。

(2) 送付されてきたカタログにはオーダー・フォーム(申込書)が付いているのが通常であるのでこれに必要な事項を記入し、代金支払い方法や郵送手数料などを確認して、支払い金額を計算する。

(3) 代金は相手国の通貨で支払うので外国為替取扱銀行で送金小切手(バンク・オーダー)を組む。このとき相手先の銀行名を聞かれるが、その団体のある州(または国)にある銀行ならいずれでも良いはずである。なお送金額にかかわらず一定の手数料を請求される。これ以外の送金方法もあるがここでは省略する。

(4) オーダー・フォームと送金小切手を送付する。

(5) 書籍は特に指定して別料金を支払わない限り船便で送付され、郵便局から配達される。このときに通関手数料を請求される場合がある。

以上が概略の手順である。(3)のように送金額に関係なく手数料を取られるので、できる限り一度にまとめ

て送金するのが良い。また送金額は相手国通貨建てであるが、銀行へはその日の為替相場で決まるレートに乗じた円建てで支払うので、相場の動きをみて相手国通貨が安い時に為替を組むのが有利となる。

謝辞

以上をまとめるにあたり、TRRLとコンリートブロック舗装国際会議については東北大学教授福田正先生より、舗装の支持力に関する国際会議については日本大学教授阿部頼政先生より、AASHTOについては鹿島道路株式会社高山桂之介・加形 護の両氏より、またNAPAとARRAについては日本舗道株式会社羽山高義氏より、それぞれ御教示を受け、資料を提供して頂きました。その他、日本道路公団審議室、試験所、資料室から資料の提供を受けました。ここに記して感謝いたします。

編集後記

アスファルト舗装技術研究グループ10周年記念の特集号は、約1年間の準備を経て無事出版されました。10周年にあたって、何か研究グループとして成果をまとめようという構想が浮かんだのが約1年前、それが具体化したのが研究グループ恒例の夏合宿でした。その後、池田、緒方、田中、野村、吉村の5人が幹事に指名され、初めての雑誌作りに取り組みました。日頃、雑誌を手にするが必要な部分だけを拾い読みし、その後は書庫に入れたままということが多いのですが、いざ自分で雑誌の編集校正をしてみるとかなり大変な作業であり、雑誌の編集者に申し訳なく思いました。

本特集号をまとめるには、各メンバーの今までの蓄積が役立ったことはいまでもありませんが、グループ内外の諸先輩、OBの助力が必要でありました。ご助力、ご助言いただいた方々、また我々の活動をご理解下さり、ご支援いただいた(社)アスファルト協会の関係者各位に、この場を借りて深甚の謝意を表する次第です。

研究グループが10年間の活動を続けていくことができたのは、阿部先生のご指導や外部の方々のご支援の賜物といえますが、もう一人研究グループの設立当初からのメンバーであり、メンバーの中で唯一勉強会に皆勤された(阿部先生ご自身も皆勤はしていない)、阿部忠行氏のご尽力を忘れることはできません。研究グループは、これまでアスファルト誌上に27回の研究報告を行っておりますが、阿部氏はご自身で書かれたものはもちろん、未熟な若手メンバーが書いた拙文を査読され、誌上に出して恥ずかしくないよう添削指導して下さいました。研究グループの活動内容が、常に一定の水準以上に保たれていたのは、阿部氏のご努力のおかげと考えています。

このように、多くの方々のご支援をいただき、順調に活動を続けてきた研究グループではありますが、今後は我々若手のメンバーが中心となり、20周年に向けてより一層の発展をめざし、研究グループの活動を続けていく所存であります。つきましては、関係各位のこれまで以上のご指導ご支援をお願いいたします。

総目次 第151号～第154号（昭和62年度）

アスファルト需給・統計関係の解析

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況			152	63	昭 62. 7 (1987)
（統計資料：石油アスファルト需給統計その1（総括表），同その2（内需，品種別表）毎号巻末に掲載）					

道路舗装・舗装用アスファルト

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
特集・アスファルト舗装技術に関する各種機関の活動々向 特集にあたって 各種機関における委員会一覧 建設省技術研究会 社団法人 日本道路協会 財団法人 国土開発技術研究センター 財団法人 高速道路調査会 財団法人 高速道路技術センター 財団法人 海洋架橋調査会 財団法人 首都高速道路技術センター 地方公共団体建設技術試験研究機関連絡協議会 北海道土木技術会 中部道路研究会 社団法人 土木学会 社団法人 石油学会 社団法人 日本道路建設業協会 社団法人 日本建設機械化協会 社団法人 日本アスファルト協会 社団法人 日本アスファルト乳剤協会 鉄鋼スラグ協会 日本石灰協会 日本ゴムアスファルト協会	安 崎 裕 安 崎 裕 服 部 亮 飯 島 尚 風 間 匡 野 上 治 鳥 海 隆 小 坂 寛 達 下 文 熊 谷 茂 城 処 求 阿 部 洋 高 橋 正 技 術 振 興 委 員 会 内 田 保 多 田 宏 鈴 木 紀 長 井 健 戸 頃 一 金 野 二	151	1 2 4～6 7～8 9～15 16～18 19～22 23～25 26～27 28～32 33～36 37～40 41～44 45～48 49～52 53～57 58～61 62～67 68～69 70～72 73～77	昭 62. 5 (1987)	
特集・施工技術のノウハウ 松永バイパス高須舗装工事にあたって 高速道路の舗装 高架橋の舗装 橋梁の舗装 重交通・夜間の急速施工 大門ダムのアスファルトフェーシングの施工 空港舗装の補修	阿 部 弘 彦・長 末 博 文 中 村 州 章 柄 川 伸 一 福 井 崇 博 岩 崎 建 治・佐 藤 嘉 範 広 野 道 夫・高 田 安 則 長 谷 川 智 信 飛 弾 勇・持 田・忍	152	1～8 9～16 17～23 24～31 32～34 35～43 44～52	昭 62. 7 (1987)	
特集・新しい視点の舗装 特集にあたって 交通安全施設の整備 鋼床版舗装の新材料、新工法の開発 関西国際空港の舗装について 雪寒地域市街地の坂路対策について キャブシステム シンボルロード	橋 本 鋼 太 郎 吉 兼 秀 典 福 井 崇 博 前 田 進・森 本 政 幸 山 根 豊 渡 辺 茂 樹 鈴 木 克 宗	153	1～2 3～9 10～19 20～28 29～37 38～41 42～49	昭 62.10 (1987)	
報文・スパイクラベリング試験によるアスファルト混合物の摩耗性の評価	宮 下 浩 二	153	50～55	昭 62.10 (1987)	

アスファルト舗装技術研究グループ・研究報告

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
第26回	舗装の経済評価手法について 道路舗装計画に対する経済評価の手法	阿 部 頼 政 田 中 輝 栄	151	78 79～89	昭 62. 5 (1987)
第27回	英国の新設計法について 英国におけるたわみ性舗装の新設計方法について	阿 部 頼 政 緒 方 健 治	153	56 57～66	昭 62.10 (1987)

講座・連載シリーズ

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
工事々事務所長シリーズ				
32. 路面は泣いている～スパイクタイヤ恨めし～	佐々木 隆 士	151	90～92	昭 62. 5 (1987)
33. ひらかた周辺	山 根 一 男	152	53～56	昭 62. 7 (1987)
34. 四国・松山	喜多河 信 介	153	67～69	昭 62.10 (1987)

用語の解説

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
サルビアシム舗装 分子量分布・炭素水素比（C／H比）	井 町 弘 光 （石油アスファルト関係）	151	93～94 95	昭 62. 5 (1987)
はく離（試験） アスファルトの透湿性		152	57～58 59	昭 62. 7 (1987)
路上再生路盤 アスファルトの電気的性質	小 島 逸 平 （舗装関係）	153	70 71	昭 62.10 (1987)

その他一般〔協会事業活動・時事解説・随想など〕

表 題	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
協会だより	151	96	昭 63. 5 (1988)
協会だより	152	60	昭 63. 7 (1988)
創立30周年記念号 アスファルト舗装の思い出 アスファルト協会30年の歩み 舗装とのかかわり 私とアスファルト協会 座談会 アスファルト舗装技術の推移と展望 アスファルトの歴史 アスファルト史年表 統 計	154	1～2 3～6 7～8 9～10 11～25 26～98 99～163 165～176	昭 63.12 (1988)
総目次 第 147号～第 150号（昭和62年度）	151	97～98	昭 63. 4 (1988)

昭和62年度に発行された本協会出版物

書 名	概 要	発行年月（西暦）
アスファルト統計表（B 5 版・本文 187ページ） 毎年（月）改訂している定期刊行物		昭 62.12 (1987)
I. アスファルト・ポケットブック（ポケットブック版・本文72ページ）		毎年 8 月 発 行
II. 日本のアスファルト事情（A 5 版・本文48ページ）		毎年 9 月 発 行
III. 石油アスファルト統計月報（B 5 版・" 16ページ）		毎月 25 日 発 行

<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
52 年 度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53 年 度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54 年 度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57年度上期	226	2,158	(95.8)	0	2,384	2,103	(94.9)	8	2,111	240	2,351
57年度下期	240	2,466	(104.8)	0	2,706	2,471	(105.3)	10	2,481	213	2,694
57 年 度	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,574	(100.3)	18	4,592	213	4,805
58年度上期	213	2,392	(111.1)	0	2,605	2,357	(110.7)	3	2,360	241	2,601
58年度下期	241	2,555	(103.6)	0	2,796	2,564	(103.8)	1	2,565	226	2,791
58 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59年度上期	226	2,541	(106.4)	0	2,767	2,516	(106.7)	0	2,517	252	2,769
59年度下期	252	2,694	(105.4)	0	2,946	2,705	(105.5)	0	2,705	240	2,945
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60年度上期	240	2,400	(94.5)	0	2,640	2,338	(92.9)	0	2,338	294	2,632
60年度下期	294	2,629	(97.6)	0	2,923	2,696	(99.7)	0	2,696	215	2,911
60 年 度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,034	(92.2)	0	5,034	215	5,249
7～9月	259	1,424	(113.5)	0	1,683	1,387	(109.0)	0	1,387	291	1,678
61年度上期	215	2,656	(110.7)	0	3,130	2,568	(109.8)	0	2,568	291	2,859
10月	291	565	(132.9)	0	856	565	(126.4)	0	565	282	847
11月	282	522	(113.1)	0	804	583	(121.0)	0	583	226	809
12月	226	574	(121.6)	0	800	584	(120.5)	0	584	215	799
10～12月	291	1,661	(122.3)	0	1,952	1,732	(122.6)	0	1,732	215	1,947
62. 1月	215	387	(113.1)	0	602	359	(119.3)	0	359	240	599
2月	240	403	(111.0)	0	643	400	(111.1)	0	400	239	639
3月	239	639	(113.0)	0	878	642	(103.2)	0	642	235	877
1～3月	215	1,428	(112.4)	0	1,643	1,402	(109.2)	0	1,402	235	1,637
61年度下期	291	3,089	(117.5)	0	3,380	3,134	(116.2)	0	3,134	235	3,369
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,702	(113.3)	0	5,702	235	5,937
62. 4月	235	515	(107.1)	0	750	477	(108.4)	0	477	272	749
5月	272	403	(101.1)	0	675	379	(106.8)	0	379	296	675
6月	296	396	(112.4)	0	692	417	(108.0)	0	417	278	695
4～6月	235	1,314	(106.7)	0	1,549	1,213	(107.8)	0	1,273	278	1,551
7月	278	446	(103.5)	0	724	453	(107.5)	0	453	262	715
8月	262	488	(100.2)	3	753	441	(94.7)	0	441	312	753
9月	312	498	(98.3)	3	813	501	(100.3)	0	501	312	813
7～9月	278	1,431	(100.5)	7	1,716	1,395	(100.6)	0	1,395	312	1,707
62年度上期	235	2,745	(103.4)	7	2,987	2,669	(103.9)	0	2,669	312	2,981
10月	312	502	(88.8)	0	814	517	(91.5)	0	517	297	814

〔注〕(1) 通産省エネルギー月報 62年10月確報
(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<石油アスファルト需給統計資料> その2

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位: 千 t)

項 目 年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト			燃焼用 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			燃焼用 アスファルト	ブローン アスファルト	合 計
	道路用	工業用	計				道路用	工業用	計			
52 年 度	4,242	235	4,477	—	288	4,765	116.9	112.4	116.6	—	109.1	116.1
53 年 度	4,638	267	4,905	—	313	5,218	109.3	113.6	109.6	—	108.7	109.5
54 年 度	4,620	175	4,795	—	343	5,138	99.6	65.5	97.8	—	109.6	98.5
55 年 度	4,233	183	4,416	—	287	4,703	91.6	104.6	92.1	—	91.5	91.5
56 年 度	4,082	202	4,284	4	274	4,562	96.4	110.4	97.0	—	95.5	97.0
57年度上期	1,838	96	1,934	45	124	2,103	93.0	93.2	93.0	—	91.1	94.9
57年度下期	2,105	88	2,193	142	136	2,471	100.0	88.9	99.5	355.0	97.1	105.3
57 年 度	3,943	184	4,127	187	260	4,574	96.6	91.1	96.3	467.5	94.2	100.3
58年度上期	1,917	83	2,000	236	121	2,357	104.3	86.5	103.4	524.4	98.4	110.7
58年度下期	2,033	94	2,127	304	133	2,564	96.6	106.8	97.0	214.1	98.5	103.8
58 年 度	3,950	177	4,127	540	254	4,921	100.2	96.2	100.0	288.8	98.4	107.6
59年度上期	1,915	79	1,994	403	119	2,516	99.9	95.2	99.7	170.8	101.7	106.7
59年度下期	2,084	83	2,167	403	135	2,705	102.5	88.3	101.9	132.6	101.5	105.5
59 年 度	3,999	162	4,161	806	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.3	100.0	106.1
60年度上期	1,767	72	1,839	388	112	2,338	92.3	91.1	92.2	96.3	94.1	92.9
60年度下期	1,974	67	2,041	522	133	2,696	94.7	80.7	94.2	129.5	98.5	99.7
60 年 度	3,741	139	3,881	910	245	5,034	93.5	85.8	93.2	112.9	96.5	96.4
7～9月	989	39	1,028	301	58	1,387	102.1	100.0	102.0	145.4	100.0	109.0
61年度上期	1,825	66	1,891	565	112	2,568	103.3	91.7	102.8	145.6	100.0	109.8
10月	411	37	448	94	23	565	117.4	308.3	123.8	156.7	92.0	126.4
11月	438	14	452	109	22	583	117.0	124.5	117.1	152.2	88.9	121.0
12月	392	40	432	130	22	584	112.1	312.9	119.0	130.1	98.1	120.5
10～12月	1,242	91	1,333	334	66	1,732	115.5	256.2	120.0	144.3	92.5	122.6
62. 1月	184	40	224	114	20	359	106.9	404.1	122.4	117.5	96.2	119.3
2月	252	14	266	115	20	400	107.7	125.8	108.4	121.9	94.8	111.1
3月	482	29	511	113	18	642	98.1	286.9	101.8	111.2	93.5	103.2
1～3月	919	84	1,003	340	59	1,402	102.2	266.1	107.8	116.8	94.8	109.2
61年度下期	2,160	175	2,335	673	125	3,134	109.4	261.2	114.4	128.9	94.0	116.2
61 年 度	3,985	241	4,226	1,238	237	5,702	106.5	173.4	108.9	136.0	96.7	113.3
62. 4月	334	12	346	113	18	477	109.3	112.0	109.5	106.7	102.5	108.4
5月	267	9	276	86	17	379	107.8	136.2	108.7	104.7	92.9	106.8
6月	311	14	325	73	19	417	101.4	146.3	110.9	97.5	106.2	108.0
4～6月	911	35	946	272	55	1,273	108.9	130.3	109.6	103.4	100.5	107.8
7月	334	28	362	73	18	453	108.6	298.6	114.2	85.0	98.5	107.5
8月	317	24	341	81	19	441	96.7	210.5	100.6	75.0	101.2	94.7
9月	374	13	387	92	22	501	106.0	68.6	103.8	85.8	108.9	100.3
7～9月	1,025	65	1,090	246	59	1,395	103.7	163.2	106.0	81.7	103.0	100.6
62年度上期	1,937	100	2,037	518	114	2,669	106.1	151.5	107.7	91.7	101.8	103.9
10月	411	13	424	67	26	517	100.0	35.7	94.6	70.9	115.4	91.5

[注] (1) 通産省エネルギー月報 62年10月確報

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

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

(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本 アスファルト 協会 会員

(五十音順)

社 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
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 3 4
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03 (585) 9 4 3 8
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
キ グ ナ ス 石 油 株 式 会 社	(104) 東京都中央区京橋2-9-2	03 (535) 7 8 1 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 0 5 5
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
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町2-6-2	03 (241) 8 6 3 1
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦1-1-1	03 (798) 3 2 0 0
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
昭和シェル石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03 (503) 4 0 7 6
昭和四日市石油株式会社	(510) 三重県四日市市塩浜町1	0593 (45) 2 1 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 (215) 3 0 8 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 (286) 5 1 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 宮城県仙台市港5-1-1	022 (363) 1 1 1 1
日 網 石 油 精 製 株 式 会 社	(210) 神奈川県川崎市川崎区浮島町3-1	044 (266) 8 3 1 1
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門4-1-34	03 (505) 8 5 3 0
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
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
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門1-2-4	03 (595) 7 6 6 3
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 6 9 1

〔ディーラー〕

● 北 海 道

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	コ ス モ
コスモアスファルト(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通り西10-4	011 (281) 3 9 0 6	コ ス モ
(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
東光商事(株)札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011 (241) 1 5 6 1	三 石
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)南部商会札幌営業所	(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3	011 (231) 4 5 0 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	コ ス モ

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
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	0185 (23) 3293 共 石
カ メ イ 株 式 会 社	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-18	022 (264) 6 1 1 1 日 石
(株) 木 畑 商 会 仙 台 営 業 所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	022 (222) 9 2 0 3 共 石
コスモアスファルト(株) 仙 台 支 店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222 (66) 1 1 0 1 コ ス モ
正興産業(株) 仙 台 営 業 所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-5	022 (263) 5 9 5 1 三 石
竹中産業(株) 新 潟 営 業 所	(950) 新潟県新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2 7 7 0 昭和シェル
常盤商事(株) 仙 台 支 店	(980) 宮城県仙台市上杉1-8-19	022 (224) 1 1 5 1 三 石
中西瀝青(株) 仙 台 営 業 所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-30	022 (223) 4 8 6 6 日 石
(株) 南 部 商 会 仙 台 出 張 所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	022 (223) 1 0 1 1 日 石
宮城石油販売株式会社	(980) 宮城県仙台市東7番丁102	022 (257) 1 2 3 1 三 石
菱油販売(株) 仙 台 支 店	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-1	022 (225) 1 4 9 1 三 石
● 関 東		
朝日産業株式会社	(103) 東京都中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (669) 7 8 7 8 コ ス モ
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀4-11-2	03 (553) 3 0 0 1 昭和シェル
伊藤忠燃料株式会社	(107) 東京都港区赤坂2-17-22	03 (584) 8 5 5 5 共 石
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区揚場町2-24	03 (269) 7 5 4 1 コ ス モ
関東アスファルト株式会社	(336) 埼玉県浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0 1 6 1
株式会社 木 畑 商 会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3 1 9 1 共 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8 0 1 1 コ ス モ
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03 (363) 8 2 3 1 出 光
(株) 澤 田 商 行 東 京 支 店	(104) 東京都中央区入船町1-7-2	03 (551) 7 1 3 1 コ ス モ
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) 9 2 9 1 昭和シェル
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) 3 9 6 1 昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 東京都港区浜松町2-3-31	03 (578) 9 5 2 1 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) 1 6 2 1 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) 0 1 8 5 昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 東京都新宿区新宿2-6-5	03 (356) 8 0 6 1 モービル
株式会社 ト ー ア ス	(160) 東京都新宿区西新宿2-7-1	03 (342) 6 3 9 1 共 石
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 富 士 興
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 富 士 興
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-5-12	03 (274) 2 7 5 1 三 石
東新瀝青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-10	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 コ ス モ
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 三 共 油 化
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-1	03 (272) 3 4 7 1 日 石
株式会社 南 部 商 会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03 (213) 5 8 7 1 日 石
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巢鴨4-22-23	03 (915) 7 1 5 1 昭和シェル
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-3-11	03 (551) 6 1 0 1 昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 東京都中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (661) 4 9 5 1 モービル
富士興産アスファルト株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 5 2 1 1 富 士 興
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2 8 9 1 コ ス モ
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) 2 0 6 1 共 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
富士油業(株)東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03 (478) 3 5 0 1 富士 興
丸紅エネルギー株式会社	(102) 東京都千代田区神田錦町3-7-1	03 (293) 4 1 1 1 モービル
三井物産石油株式会社	(100) 東京都千代田区神田駿河台4-3	03 (293) 7 1 1 1 極 東 石
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 6 2 9 0 三 石
ユニ石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田東紺屋町30	03 (256) 3 4 4 1 昭和シェル
菱東商事株式会社	(108) 東京都港区芝5-29-20	03 (798) 5 3 1 1 三 石
菱油販売株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿1-20-2	03 (345) 8 2 0 5 三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座6-7-18	03 (571) 5 9 2 1 三 石
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03 (271) 7 6 9 1 出 光
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 昭和シェル
● 中 部		
コスモアスファルト(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 コ ス モ
株式会社 澤 田 商 行	(454) 名古屋市市中川区富川町1-1	052 (361) 7 1 5 1 コ ス モ
三徳商事(株)静岡支店	(420) 静岡市紺屋町11-12	0542 (55) 2 5 8 8 昭和シェル
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 昭和シェル
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7 7 2 1 コ ス モ
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
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 富士 興
竹中産業(株)福井営業所	(910) 福井県福井市大手2-4-26	0766 (22) 1 5 6 5 昭和シェル
株式会社 田 中 石 油 店	(910) 福井県福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1 7 2 1 昭和シェル
富安産業株式会社	(930-11) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2 2 9 8 昭和シェル
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
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6 1 2 1 三 石
丸福石油産業株式会社	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2 8 6 0 昭和シェル
三谷商事株式会社	(910) 福井県福井市豊島1-3-1	0776 (20) 3 1 3 4 モービル
● 近 畿		
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市中淀区中津3-10-4	06 (374) 2 2 7 1 モービル
飯野産業(株)神戸営業所	(650) 兵庫県神戸市中央区京町72	078 (391) 8 9 6 5 共 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市中淀区中津1-11-11	06 (372) 0 0 3 1 出 光
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 コ ス モ
共和産業株式会社	(700) 岡山県岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1 5 0 0 共 石
コスモアスファルト(株)大阪支店	(550) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2 7 3 1 コ ス モ
コスモアスファルト(株)広島営業所	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6 2 6 2 コ ス モ
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 昭和シェル
(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 昭和シェル
信和興業株式会社	(700) 岡山県岡山市西古松363-4	0862 (41) 3 6 9 1 三 石
正興産業株式会社	(662) 兵庫県西宮市久保町2-1	0798 (22) 2 7 0 1 三 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) 0 3 5 0 富士 興
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
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 兵庫県姫路市国府寺町72	0792 (85) 2 5 5 1 共 石
中西瀝青(株)大阪営業所	(532) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (316) 0 3 1 2 日 石
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1-43	06 (252) 5 8 5 6 富士 興
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 富士 興

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稻荷町6539	08368 (3) 3 2 1 0 昭和シェル
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2 7 7 1 昭和シェル
株式会社 松 宮 物 産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	0749 (23) 1 6 0 8 昭和シェル
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 コ ス モ
横田瀝青興業株式会社	(672) 兵庫県姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0 5 5 5 共 石
株式会社 菱 芳 鉱 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1 3 4 4 共 石
● 四国・九州		
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 (471) 3 8 7 7 共 石
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4 1 1 1 共 石
株式会社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5 1 1 1 昭和シェル
株式会社 九 菱	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4 8 6 8 三 石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7 4 3 6 コ ス モ
サンヨウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7 6 1 5 富 士 興
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5 1 3 1 富 士 興
中西瀝青(株)福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6 8 8 1 日 石
(株)南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神3-4-8	092 (721) 4 8 3 8 日 石
西岡商事株式会社	(764) 香川県仲多度郡多度津町家中3-1	08773 (3) 1 0 0 1 三 石
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3 6 2 5 コ ス モ
平和石油(株)高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7 2 5 5 昭和シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7 5 6 1 昭和シェル

編集顧問

多田 宏 行
松野 三 朗

編集委員

委 員 長 : 大熊 周 三	副 委 員 長 : 真柴 和 昌
阿 部 忠 行 石 井 一 生	菅 野 善 郎 田 井 文 夫
荒 井 孝 雄 磯 部 政 雄	河 野 宏 戸 田 透
安 崎 裕 今 井 武 志	小 島 逸 平 藤 井 治 芳
飯 島 尚 金 田 一 夫	白 神 健 児 山 梨 安 弘

アスファルト 第155号

昭和63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)

印刷所 アサヒビジネス株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-582-1938 (代)

ASPHALT

Vol. 30 No. 155 APRIL 1988

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION