

# アスファルト

第35巻 第173号 平成4年10月発行

# 173

## 特集・高速道路における舗装技術の現況と新たな取組み

わが国の高速道路	橋本鋼太郎	1
高速自動車国道網整備の計画について	芝村善治	3
日本道路公団における 舗装技術の現況と新たな取組み	青木秀郎・鶴窪廣洋	8
首都高速道路公団における 舗装技術の現況と新たな取組み	中島拓	37
阪神高速道路公団における 舗装技術の現況と新たな取組み	橋本良之・杉山功	46
本州四国連絡橋公団における 舗装技術の現況と新たな取組み	藤井裕司・長尾日出男	56

## <アスファルト舗装技術研究グループ・第13回報告>

アスファルト舗装工学の発展を目指して(10)	姫野賢治	67
ひびわれの評価	南沢輝雄	68
わだち掘れの評価	峰岸順一・佐々木巖	73
平坦性の評価とモデルによる車両の挙動の解析	野村健一郎・山本達哉	79
路面の総合的評価の現状	野村敏明	91
<用語の解説>		
凍結抑制舗装	小島逸平	96
熱可塑性エラストマー・オレフィン系エラストマー	児玉充生	98
<資料>平成3年市販アスファルトの性状調査	技術委員会	100
<統計資料>石油アスファルト需給統計資料		104

## ASPHALT

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

## わが国の高速道路

橋本 鋼太郎  
建設省道路局企画課長

一般に高速道路と呼ばれている道路には、広義に解釈して、全国的な自動車交通網を形成する高規格幹線道路14,000kmと都市高速道路（長期構想として約1,000km）が該当すると思う。全国的な高規格幹線道路の計画は、名神高速道路が昭和32年に着工され、昭和40年に完成、東名高速道路が昭和37年に着工され、昭和44年に完成するなかで、昭和41年に高速道路網7,600kmとして決定された時点で始まる。この計画では全国各地から高速道路に2時間で到達できるものであったが、東京、大阪等を核とする集中型ネットワークであった。また、昭和45年には本州四国連絡橋の神戸～徳島など3ルートの事業が決定されている。

一方、大都市圏における高速道路は昭和38年に首都高速で1号線4.5kmが、昭和39年に阪神高速で2.3kmが供用して以来、名古屋、北九州・福岡でも整備が進められ、現在では全体で約470kmが供用されている。

なお、高規格幹線道路や都市高速ではないが、大都市圏には、第三京浜、横浜・横須賀道路、京葉道路などの有料道路が自動車専用道路網を形成している。

昭和62年に四全総で東京一極集中を是正し、多極分散型国土を形成するために、交流ネットワークの構築が提唱されるとともに、建設省では従来の高速道路7,600kmの計画を拡大して、高規格幹線道路14,000kmを計画決定した。これは、全国各地から1時間で高速道路に到達できるネットワークであり、地方と地方を横断的に連絡することに配慮したものである。整備手法についても、従来のように国幹道として整備する路線11,520km、本州四国連絡道路180kmのほかに、一般国道の自動車専用道路として整備するもの2,300kmが追加されてい

る。全体として、21世紀初頭(2010年から2015年)には完成することを目標としている。(現在約6,000km供用)

今般、新しく第11次道路整備5箇年計画の策定に際して、国土の調和ある展開を図るため、地方の活性化がより一層必要と認められた。

そこで、高規格幹線道路14,000kmを骨格として整備するとともに、これを補完し、地域を一体的な地域集積圏に充実するために、地域高規格道路(自動車専用道路又は同程度の機能を有する質の高い道路)を導入することとした。

強い地方圏を形成するためには、地域の集積度を高める必要があるが、各地域の集積度を高めるだけでなく、域内の各都市をより広域的に連携強化することにより結果として、一体的な集積圏を形成するものである。この場合、従来の高規格幹線道路は国が国土の均衡ある発展という観点から選定したが、地域高規格道路は地方が地域活性化の観点から主体的に発案してゆくものである。また、従来の高規格幹線道路は全国各地から1時間で到達できるものであるが、各地方では県土1時間圏構想に見られるように地方中心都市に1時間程度で行けることを目的としており、この計画が地方の考え方と合致したものである。

具体的には、今年度調査を進め、計画の固まった路線から11次五ヵ年計画の中で事業に着手することとしているが(おおむね2000km)、地域集積圏相互あるいは圏内の連携を強化する道路、又は高規格幹線道路と空港、港湾を直結する道路が該当する。また、大都市圏の核都市広域幹線道路などの自動車専用道路もその中に入るものと考えられる。

以上、わが国の自動車交通ネットワークの長期

---

構想は高規格幹線道路14,000km, 都市高速道路約1,000kmに地域高規格道路6,000~8,000kmを加えて, 構成されることとなった。自動車専用道路は, 一般道路に比較すると, 信号交差点がない, 自動車のみで混合交通でないことから, 高度の速度サービスを提供するとともに交通容量が高く, 大量の交通を効率的に処理することが可能である。従って, 適度の走行速度が確保され, 燃料の浪費が避けられて省エネ社会の形成にも十分貢献するものである。また, 交通事故の走行台キロ当りの発生率も10分の1程度と低く抜本的な交通安全施策と言える。

現在, わが国の自動車交通のうち, 高規格幹線道路等で分担しているものは約9%に過ぎないが, 21世紀初頭にこれらが完成すると, 21%あるいはそれ以上の分担率になると想定されている。豊かな生活を支えるための円滑, 安全, 省エネ型のモビリティ確保に大きく役立つものである。ちなみに, 旧西ドイツではアウトバーン等の高速道路がすでに全自動車交通の25%を分担しているのはうらやましい限りである。

高規格幹線道路は平成4年度末には約6,000km

☆

☆

☆

☆

☆

☆

の供用と見込まれているが, 最近交通事故が増加の傾向にある。前述のとおり, 一般道路に比べれば事故率は低いものの, 大きな課題である。運転者には改めて安全運転励行を呼びかけているが, 道路交通の環境改善にも努力する必要がある。例えば, 舗装路面の改良, 防護柵などの安全施設の充実, 道路情報提供の適正化, など安全対策には課題が多い。特に路面の改良については, わだち掘れの防止など耐久性のある舗装, 交通支障を最小限にする修繕工法, 良好な見通しが確保できる排水性舗装, すべり止め舗装, 長い下り坂における注意喚起のための舗装, サービスエリヤの流入路で自然と速度を落とさせるような特殊舗装など新しいニーズに対応した工法, 技術の開発が必要である。また一般道路においても, 歩きやすい歩道舗装, 沿道建物と調和した舗装, バスレーンを明示し一般車両が混入しにくくするカラー舗装などの特殊舗装が新しい施策とともに取り上げられるだろう。道路利用者など一般の生活者に密接に関係するこのような社会的分野における総合的技術開発が強く望まれる。

# 高速自動車国道網整備の計画について

芝村善治\*

## 1. はじめに

昭和32年に名神高速道路の建設事業が始まり、昭和38年にこのうちの一部区間が我が国初の高速道路として供用されて以来、高速自動車国道の整備は逐次進み、その供用延長は、昨年12月7日の中国横断自動車道千代田～旭間の供用により5,000kmを突破した。

今後も引き続き予定路線11,520kmを21世紀初頭までに完成させることを目途に高速自動車国道の整備を進めていくこととなるが、ここでは、高速自動車国道網整備の計画に係る最近の動向について、昨年末に開催された国土開発幹線自動車道建設審議会（国幹審）の内容を中心に紹介する。

## 2. 国土開発幹線自動車道（国幹道）の予定路線及び整備手順

### (1) 国幹道の予定路線

昭和62年6月に閣議決定された第四次全国総合開発計画（四全総）において、多極分散型国土を形成する方策として「交流ネットワーク構想」が提唱され、これを実現するため、高規格幹線道路網14,000kmの形成が必要であるとされた。この約8割に当たる11,520kmが国幹道として、従前の予定路線7,600kmに3,920kmが追加される形で予定路線として位置付けられている。

また、国幹道の予定路線に位置付けられているものについては、基本計画の策定を待って高速自動車国道の路線指定が行われる。

### (2) 整備の手順

国幹道の予定路線が完成するまでの整備手順は図-1のとおりである。

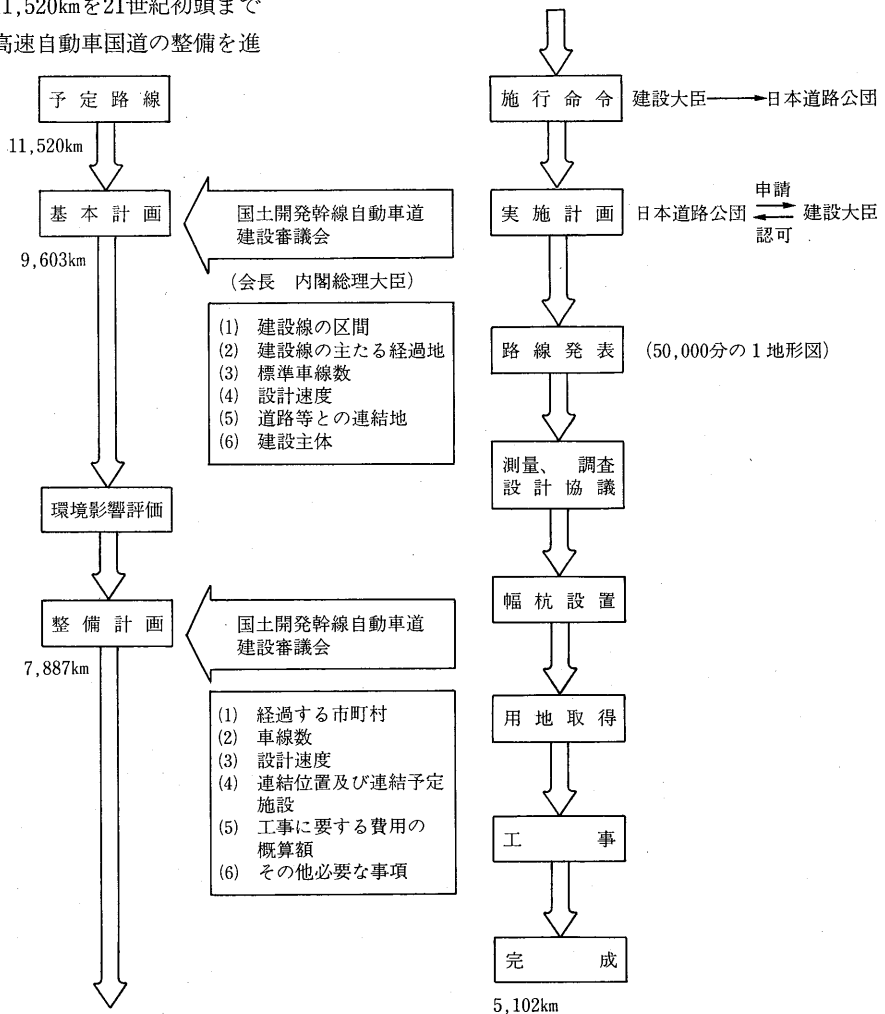


図-1 国幹道の整備手順

\*しばむら よしはる：建設省道路局高速国道課課長補佐

### 3. 第29回国幹審の概要

昨年12月3日に開催された第29回国幹審への付議案件は以下のとおりであり、その特徴としては、基本計画及び整備計画ともに過去の国幹審史上最大級の策定規模に昇ったこと、あるいは大都市圏における交通需要増大や今後見込まれる地域開発に対応して車線増を図ったことなどが挙げられ、全体としてその内容が多岐にわたるものであったといえる。

- ① 国幹道の基本計画の策定 (37区間)
- ② 国幹道の基本計画の変更 (18区間)
- ③ 高速自動車国道の路線指定政令の改正
- ④ 高速自動車国道の新設の整備計画の策定 (32区間)
- ⑤ 高速自動車国道の改築の整備計画の策定 (2区間)
- ⑥ 高速自動車国道の新設の整備計画の変更 (58区間)
- ⑦ 高速自動車国道の改築の整備計画の変更 (3区間)

今回の国幹審の結果、基本計画・整備計画の延長は表-1のとおりとなり、予定路線のうち8割を超える区間において基本計画が策定されたことになり、整備計画については予定路線の7割近くに達した。主な策定内容は以下のとおりである。

表-1 国幹道の現状

	予定路線	基本計画	整備計画	供用中
従前策定分	—	8,590	6,995	—
第29回策定分	—	1,013	892	—
計	(100%) 11,520	(83%) 9,603	(68%) 7,887	(44%) 5,102

注) 上段( )は予定路線に対するシェア

#### (1) 新たな基本計画

新たな基本計画は、道路の整備効果、採算性等を考慮して、既定の基本計画区間と一体となってネットワークを形成する37区間、1,013kmについて策定された(表-2、図-2)。

これにより、常磐自動車道、北関東自動車道及び中国横断自動車道については、並行する一般国道の自動車専用道路等と合わせて、全区間について建設の指針が立てられることとなった。

さらに、山陰自動車道、九州横断自動車道延岡線等について初めて基本計画が策定され、追加国幹道の予

表-2 新たな基本計画

路線名	基本計画	
	区間	延長(km)
北海道横断自動車道	黒松内町大成～黒松内町白井川	5
"	倶知安町～小樽市	60
"	釧路市～釧路町	16
"	北見市～端野町	13
東北縦貫自動車道	八戸市～天間林村	45
東北横断自動車道	遠野市～東和町	44
日本海沿岸東北自動車道	村上市～朝日村	10
"	温海町～鶴岡市	27
"	象潟町～本荘市	25
"	大館市～小坂町	14
東北中央自動車道	福島市～米沢市	37
"	村山市～尾花沢市	15
常磐自動車道	相馬市～亘理町	35
東関東自動車道	三郷市～市川市	20
"	銚田町～水戸市	18
北関東自動車道	伊勢崎市～岩舟町	40
"	上三川町～友部町	40
中部横断自動車道	清水市～増穂町	58
"	八千穂村～佐久市	22
近畿自動車道	海南市～御坊市	29
"	田辺市～すさみ町	27
"	尾鷲市～紀伊長島町	23
中国横断自動車道	龍野市～佐用町	26
"	尾道市～三次市	48
山陰自動車道	鳥取市～青谷町	17
"	宍道町～出雲市	18
"	浜田市～益田市	33
四国横断自動車道	阿南市～徳島市	25
"	須崎市～窪川町	31
"	内海村～宇和島市	29
九州横断自動車道	御船町～矢部町	23
東九州自動車道	北九州市～豊津町	24
"	椎田町～日出町	46
"	佐伯市～蒲江町	19
"	清武町～日南市	27
"	串間市～志布志町	17
"	隼人町～加治木町	7
合計	37区間	1,013

定路線全道について何らかの基本計画が策定されたこととなる。

#### (2) 新たな整備計画

新たな整備計画は、調査の進捗状況、並行道路の整備状況等を考慮し、環境影響評価手続を実施してその手続が完了した32区間、892kmについて策定された(表-3、図-2)。

この国幹審では、前回策定の基本計画を受けて、追

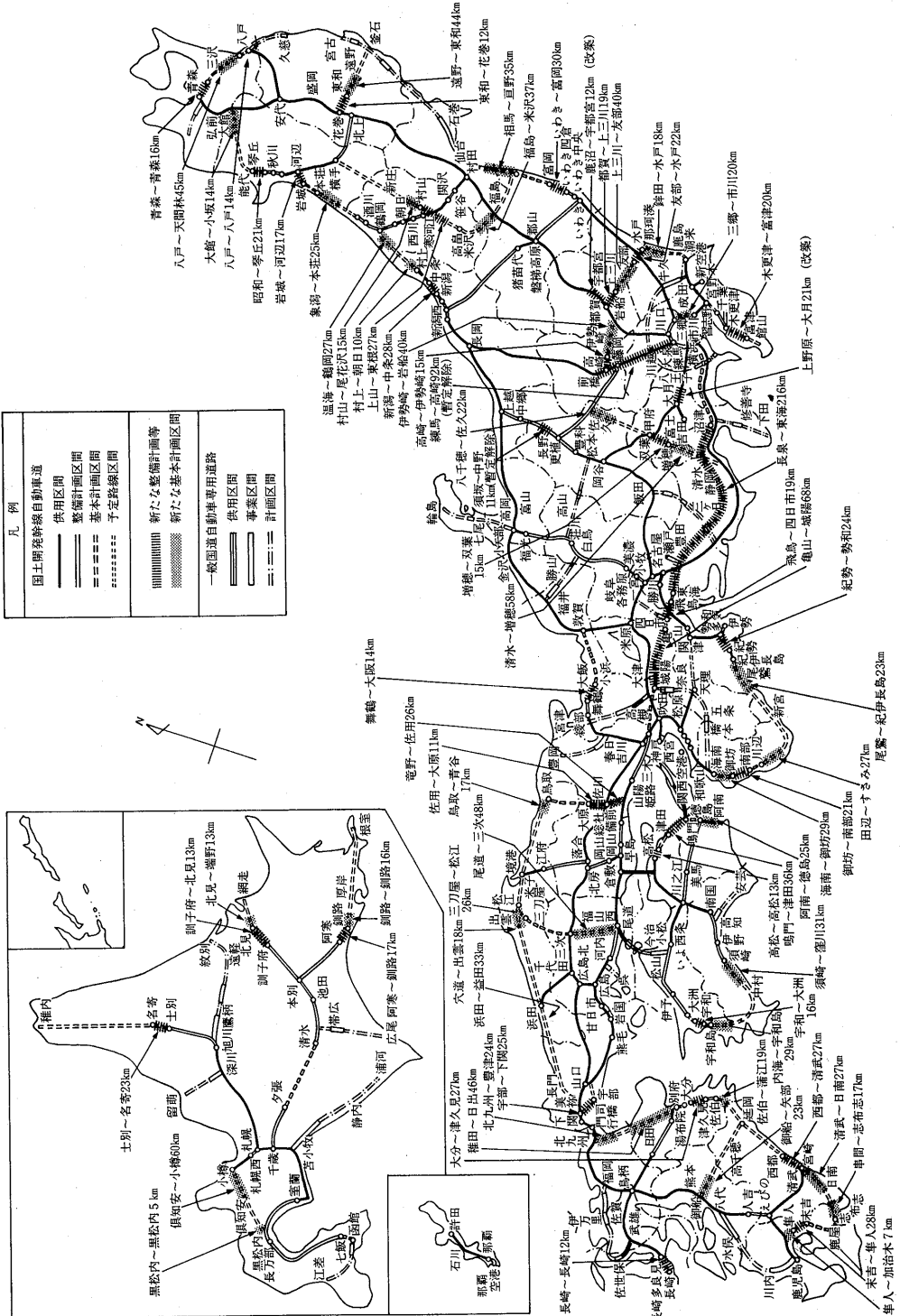


図-2 新たな基本計画・整備計画等

表-3 新たな整備計画

路線名	整備計画	
	区間	延長(km)
北海道縦貫自動車道	士別市～名寄市	23
北海道横断自動車道	阿寒町～釧路市	17
〃	訓子府町～北見市	13
東北縦貫自動車道	八戸市田面木～八戸市市川町	14
〃	青森市諏訪沢～青森市岩渡	16
東北横断自動車道	東和町～花巻市	12
日本海沿岸東北自動車道	新潟市～中条町	28
〃	岩城町～河辺町	17
〃	昭和町～琴丘町	21
東北中央自動車道	上山市～東根市	27
常磐自動車道	いわき市～富岡町	30
東関東自動車道	木更津市～富津市	20
北関東自動車道	高崎市～伊勢崎市	15
〃	都賀町～上三川町	19
〃	友部町～水戸市	22
第二東海自動車道	長泉町～東海市	216
中部横断自動車道	増穂町～双葉町	15
近畿自動車道	飛島村～四日市市	19
〃	龜山市～城陽市	68
〃	御坊市～南部町	21
〃	紀勢町～勢和村	24
〃	舞鶴市～大飯町	14
山陽自動車道	宇部市～下関市	25
中国横断自動車道	佐用町～大原町	11
〃	三刀屋町～松江市	26
四国横断自動車道	鳴門市～津田町	36
〃	高松市前田東町～高松市中間町	13
〃	宇和町～大洲市	16
九州横断自動車道	長崎市早坂町～長崎市中里町	12
東九州自動車道	大分市～津久見市	27
〃	西都市～清武町	27
〃	末吉町～隼人町	28
合計	32区間	892

表-4 改築の整備計画

路線名	整備計画		
	区間	延長(km)	車線数
東北縦貫自動車道	鹿沼市～宇都宮市	12	4→6
中央自動車道	上野原町～大月市	21	4→6
合計	2区間	33	

表-5 整備計画の暫定施工解除

路線名	整備計画変更		
	区間	延長(km)	車線数
関越自動車道	練馬区～高崎市	92	4→6
〃	須坂市～中野市	11	2→4
合計	2区間	103	

車線で完成させるものである。また、須坂市～中野市間については、長野オリンピックを契機に地域の開発が見込まれるため、暫定2車線区間を完成4車線に変更するものである。

(5) 追加インターチェンジの整備計画

追加インターチェンジの設置を定める整備計画は14箇所について策定された。前回の国幹審より、追加インターチェンジについては、工業団地造成事業、リゾート地域整備事業等、周辺の開発事業と合わせ、当該開発事業者の負担によって整備する「開発インターチェンジ方式」が採用されている。これらの整備計画を策定することにより、開発事業の促進を図り、地域の活性化に寄与することとなる。

4. 第二東名・名神高速道路の整備計画について

今回の国幹審における一つの大きな特徴は、第二東名・名神高速道路について初めての整備計画が策定されたことである。

第二東名・名神高速道路（全体延長490km）については、前述の四全総を受けての追加国幹道3,920kmの中に含まれており、平成元年1月開催の第28回国幹審において優先的に整備する路線として位置付けられ、横浜市～東海市間290km、愛知県飛島村～神戸市間165kmの計455kmについて基本計画が策定されていた。

今回、そのうち環境影響評価の手続きが完了した303kmの区間（図-3）について整備計画が策定された。

第二東名・名神高速道路については、我が国の交通の軸として機能している現東名・名神高速道路の混雑を解消し、これと一体となり、我が国の3大都市圏を結ぶ新しい高速道路として計画されており、その整備が急がれているところである。

今回の整備計画を受け、現在、日本道路公団におい

加国幹道で初めての整備計画が800kmについて策定された。

(3) 改築の整備計画

改築の整備計画は2区間、33kmについて策定された（表-4、図-2）。両区間とも、大都市圏における休日レジャー交通等の増大する交通需要に対応するため、4車線区間を6車線化するものである。

(4) 整備計画の暫定施工解除

暫定施工解除は2区間、103kmについて実施された（表-5、図-2）。練馬区～高崎市間については、増大する交通需要に対応するため、暫定4車線区間を6

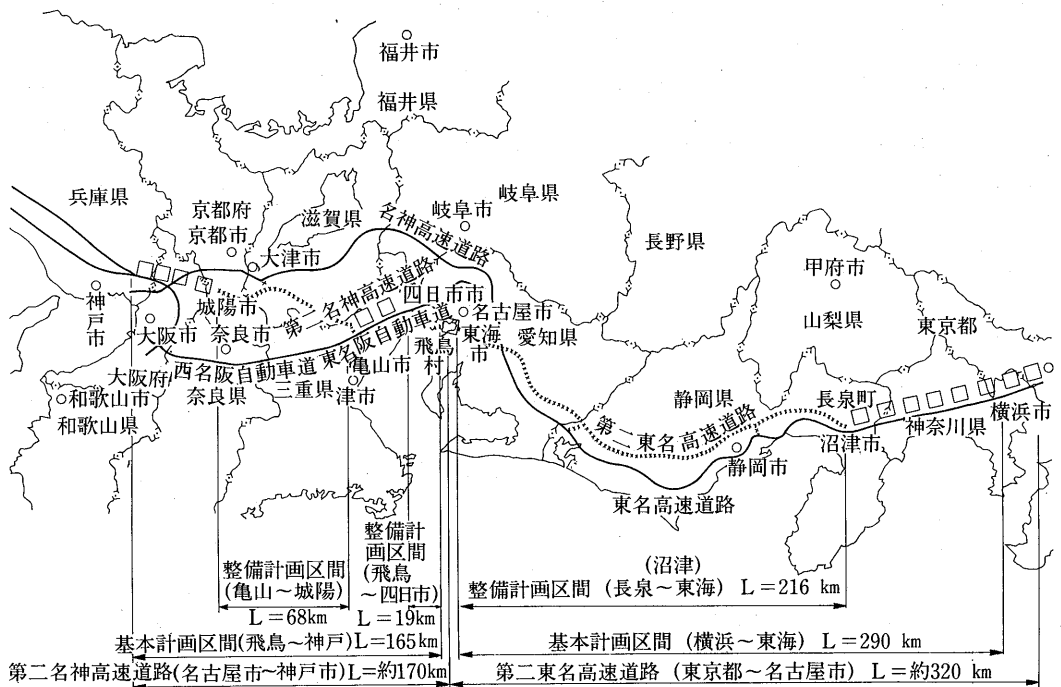


図-3 第二東名・名神高速道路位置図

て調査を行っているところであり、その調査が完了次第、21世紀早々の供用に向けて事業に着手することとなる。

### 6. おわりに

前述のとおり国幹道11,520kmについては、21世紀初頭の全線完成を目標に、その整備を進めているところである。このため、既定の計画に加えて今回の国幹審で策定された計画に基づき、基本計画区間については整備計画策定に向けて、整備計画区間については事業の実施に向けて鋭意調査を進めることとしている。

一方で計画に基づき今後建設を進めていく路線にお

いては、都市部の区間では用地費の増大、地方部の区間ではトンネル、橋梁等の施設費の増大、さらに多くの交通量を見込めない路線の整備などにより採算が厳しくなることが考えられる。そこで、今後とも適正な料金水準の下で採算性を確保しながら、東京一極集中の是正、多極分散型国土の形成等のため、高速ネットワークの拡充を図っていくため、先般（平成4年6月15日）出された道路審議会中間答申（今後の有料道路制度のあり方）を踏まえ、経費節減、現行償還制度の運用改善等の諸方策を総合的に実施し、ネットワーク全体の整備を推進することが必要である。

☆

☆

☆

☆

☆

☆



# 日本道路公団における 舗装技術の現況と新たな取組み

青木 秀郎\*・鶴窪 廣洋\*\*

## 1. はじめに

昭和38年に名神高速道路が開通し、以後東名・中央・東北道などの縦貫道が次々に開通しさらに横断道の建設も着々と進んでいる。現在高速道路の供用延長は5116kmと5000kmを突破し、日利用交通台数は高速道路と一般有料道路を合わせ450万台を超えている。高速道路は名神、東名・中央道、新規五道、横断道と推移し、全国のネットワーク化に伴い交通・気象条件も多岐に亘り、わだち掘れのでき易い重交通路線及び積雪寒冷地の路線が全体の約70%を占めている。従って舗装厚さは横断道などの軽交通区間から重交通区間の交通量に応じ、舗装厚は35～50cmでありその舗装構成はアスファルトコンクリート層厚が18cm以上である。なお、表層用混合物の配合設計は、地域特性により流動・摩耗によるわだち掘れ、ひびわれに対応したものとなっている。しかし、交通量の伸び、車輛の大型化・重量化及び渋滞など舗装は過酷な条件下にあり平成3年度の修繕工事原因のうち流動・摩耗によるわだち掘れが全体の約60%を占めている。また、本来安全快適な高速道路がこの数年事故が目だって増加していることへの安全対策及び新しい第二東名神の建設に対する積極的な技術開発が行われている。全国で各種試験施工を実施しており、以下に新設及び既設道路への舗装技術の対応について新たな取組みと供用性調査について紹介する。

## 2. 新設道路への舗装技術の対応

舗装の耐流動・耐摩耗及びすべり抵抗の確保は新設道路（建設部門）既設道路（供用路線・管理部門）ともに重要な課題である。この中で特に耐流動・耐摩耗性舗装（コンポジット舗装、半たわみ性舗装、転圧コンクリート舗装）とすべり止め及び安全・環境対策としての舗装（排水性舗装、ギャップアスファルト舗装、

コンクリート舗装の骨材露出工法）及び工事渋滞対策について紹介する。なお、新設道路と既設道路両者に使われている舗装工種が多いため両者に共通するものは新設道路で述べる。

### 2.1 設計要領の改訂

#### 2.1.1 改訂の背景および方針

高速道路の供用延長も5,000kmを超え維持管理の重要性がますます増大している。舗装の修繕原因の大部分は流動及び摩耗によるわだち掘れであり、その中でも流動によるわだち掘れが主な部分を占めている。従前の要領（昭和58年4月）は東北自動車道、中国自動車道が未だ中端までしか開通していない段階であり、舗装の損傷形態は北海道の摩耗損傷を考慮し、耐摩耗対策に重点をおいて作成された経緯がある。このため、平成4年4月に設計要領を耐流動を主に考慮するように一部改正を行った。また最近の交通事故の増大により走行安全性の高い舗装という観点より、すべり抵抗値の少しでも高い密粒ギャップアスファルト舗装（以下ギャップ舗装）を線形のきつい区間に適用すべく改正を行った。

#### 2.1.2 改訂の主な内容

##### ① 交通量区分

大型車3,000台/日/方向以上の区間がすべて同一区分となっていたため交通量区分に大型車1,500台/日/方向以上を軽交通区分に15,000台/日/方向を超重交通区分とした見直しを行い、中軽、重交通2区分から軽、中、重、超重交通の4区分にした。（表-1）

##### ② 地域区分

摩耗地区でも流動が起きる地域があり、一般地域、摩耗地域の2区分から、これらに冬摩耗、夏流動する準摩耗地域を加えた3区分とした。（図-1）

\*あおき ひでろう：日本道路公団技術部道路技術課長

\*\*つるくば ひろみ：日本道路公団試験研究所舗装試験研究室長

表-1 アスファルトの使用区分と目標DS値

( ) 動的安定度 : DS 値

交通区分		地域区分	動的安定度 : DS 値		
			一般地域	準摩耗地域	摩耗地域
軽交通	1500台/日/1方向未満	1500台/日/1方向以上 3000台/日/1方向未満	60~80 (800)	60~80 (500)	80~100 (—)
	1500台/日/1方向以上		60~80 (1000)	60~80 (800)	80~100 (—)
中交通	3000台/日/1方向未満	3000台/日/1方向以上	40~60 (1200)	60~80 (1000)	80~100 (—)
重交通	3000台/日/1方向以上		(3000~5000)		
超重交通	15000台/日/1方向以上				

- ・地域区分は図-1により、交通区分の交通量は、初年度大型車交通量をいう。
- ・マーシャル突固め両面50回は軽交通、摩耗地域では75回
- ・DS1500程度未満ではストレートアスファルトの使用を原則とする。なお、超重交通区分にあっては改質アスファルトの使用を原則とする。

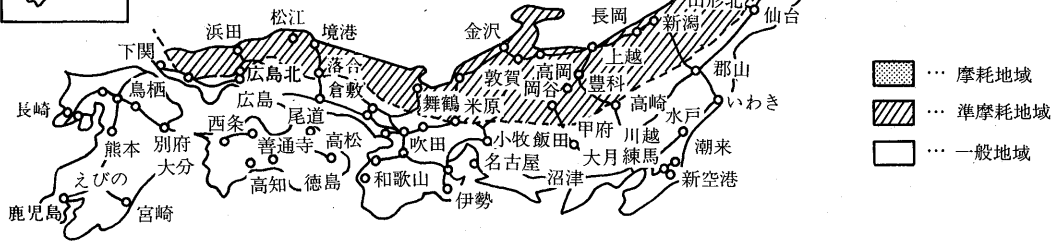


図-1 配合設計の参考図

③ 動的安定度の目標値の設定

上記に対し、粒度を粗くすると耐流動性が向上することから表層タイプI (タイプB) より粒度の粗いタイプAの追加及びアスファルトの針入度を小さくすることも耐流動が向上することから針入度40~60も加え、アスファルト使用区分を変更し、これらの耐流動混合物の配合検討の指標がなかったため、その目標値としてホイルトラッキング試験機による動的安定度(DS)を設定した。(表-1, 2)

なお、バインダー材について場所によりDSの得られないものについては、改良材の使用が追加された。(表-1)

④ 準摩耗地区の針入度と締固め

摩耗に関しては特に準摩耗地域(冬摩耗, 夏流動)の従来摩耗に対してアスファルトの針入度は軟質なもの程良いとされていたが、2年度に亘る促進摩耗試験結果から針入度80~100と60~80では後者が若干良好か遜色無いことが確認された(図-2)。なお、摩耗地域は横断クラック等に配慮し、従来通り針入度80~100とした。また、耐摩耗に与える要因として骨材の最大粒径が大きくマーシャ

表-2 表層および基層用配合設計標準粒度範囲

ふるい呼び寸法 (mm)	ふるい通過重量百分率 (%)					基層
	表層				タイプG 13mm	
	タイプA 13mm	タイプB 13mm	タイプC 13mm, 20mm			
26.5				100		100
19.0	100	100	100	95~100	100	95~100
13.2	95~100	95~100	95~100	75~95	95~100	70~90
9.5	—	75~95	75~95	68~88	—	60~83
4.75	55~70	55~75	52~72		35~55	42~67
2.36	35~50	38~58	40~60		30~45	30~53
0.6	18~30	21~36	25~45		20~40	15~30
0.3	10~21	13~25	16~33		15~30	9~22
0.15	6~16	6~16	8~21		5~15	4~14
0.075	4~8	4~8	5~12		4~10	3~7

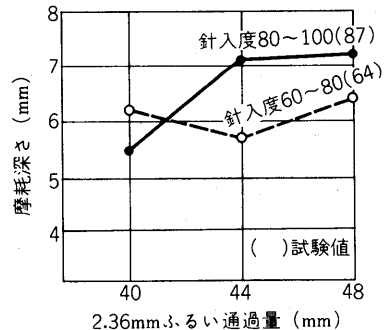


図-2 針入度と摩耗量

ル突固め回数の多い程有効である。以上の改訂のもとになった試験結果を図-3, 4に示す。

なお、設計要領の改訂の主旨に基づき各種試験舗装を実施しており、今後、室内試験と試験施工の結果を踏まえ動的安定度 (DS) 目標値等の見直しを行う予定である。

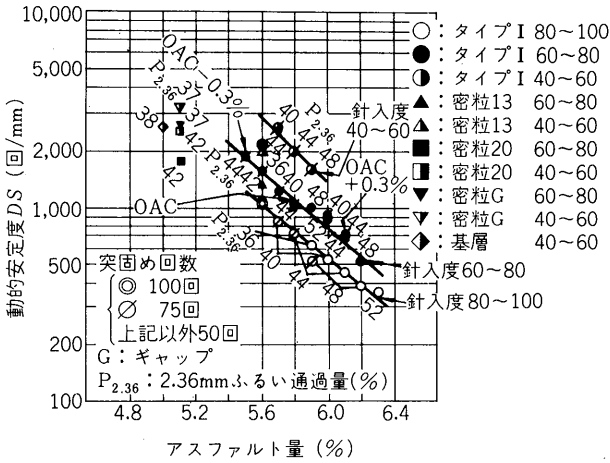


図-3 動的安定度とアスファルト量

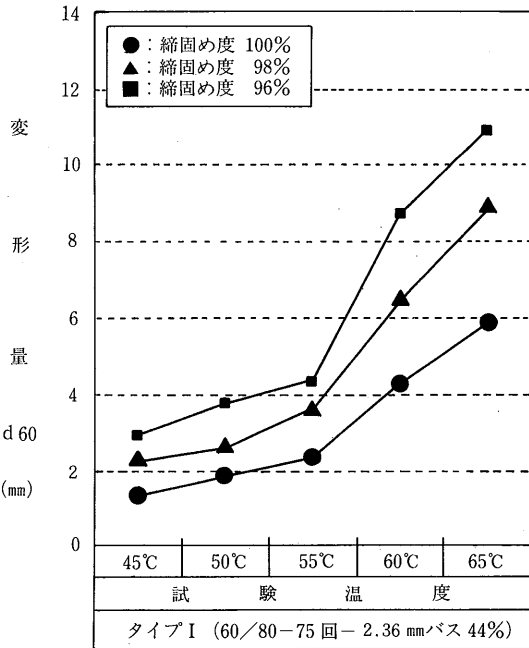


図-4 温度及び締固め度と変形量 d60 (60分後)

⑤ ギャップ舗装

この数年全国の交通事故の死亡者数の増加は著しい。高速道路においても同様である。現在使用している密粒アスファルト舗装のすべり抵抗値の

範囲では、すべり抵抗値と交通事故との明確な関係は見いだせない。しかし、すべり抵抗値あるいはキメの深さと交通事故との関係があると思われる。密粒ギャップ舗装が必要な箇所に採用できるよう標準工法として導入した。なお、ギャップ舗装は改質材を用いることを原則として、飛散、耐流動を図ることとした。大型すべり測定車による密粒舗装と密粒ギャップ舗装のすべり抵抗測定値を図-5に示す。密粒ギャップ舗装が高い値を示しており今後長期に亘って調査を行っていく必要がある。密粒ギャップ舗装の施工後の路面を写真-1に示す。

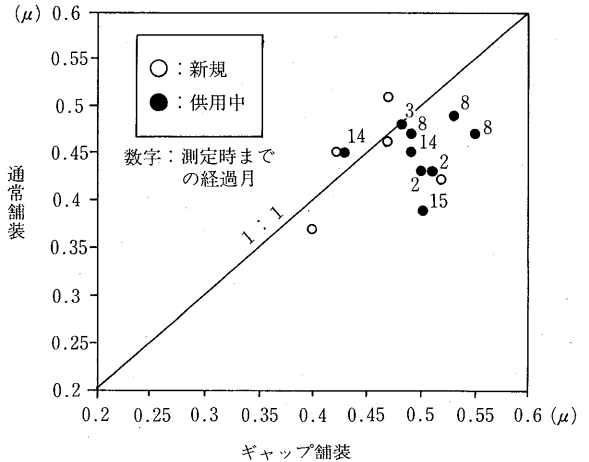


図-5 大型すべり測定車によるギャップ舗装と密粒舗装の関係



写真-1 密粒ギャップ舗装仕上り面 (四国縦貫自動車道)

2.2 新たな取組み

2.2.1 コンポジット舗装

高速道路におけるコンポジット舗装 (合成舗装) の

実績としては、トンネル内ホワイトベース、東北自動車道（矢板～白河 I C）のセメントコンクリートの上にアスファルト舗装のオーバーレイ、常磐自動車道（湯本 I C）のホワイトベース、コンクリート床版の橋面舗装などが広義の意味で挙げられる。コンポジット舗装施工一覧を表-3に示す。

アスファルト舗装の性質上、特に重交通路線では表層の流動わだち掘れが基層以下の深い層まで及んでいる例もある。図-6に日本道路公団（以下JH）試験研究所にある回転式舗装試験機によるコンポジット舗装の室内試験結果を示したものであり、下層を転圧コンクリートや半たわみ性舗装にして剛性を高めたコンポ

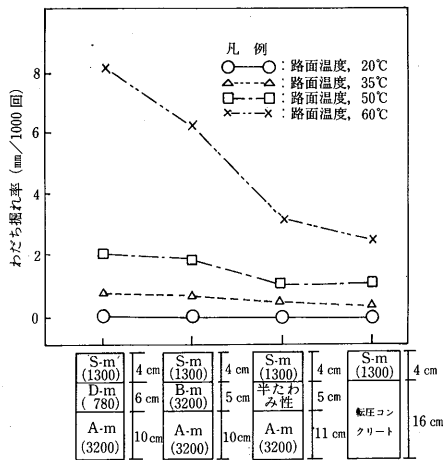


図-6 下層のDSの違いとわだち掘れ断面積の関係

ジット舗装と通常のアスファルト舗装について60°C、タイヤ走行回数40,000回時のわだち掘れ断面積を比較すると、コンポジット舗装は密粒舗装の1/2程度であり、耐流動に対して大きな効果を発揮している。この結果から表層に動的安定度 (DS) 1300回/mm程度のアスファルト混合物を用いたコンポジット舗装は、流動化対策として期待できる。しかし、コンポジット舗装には①コンクリート版の種類及び版厚の違いによる耐久性の評価、②アスファルト舗装に対する供用性、耐久性の評価、③設計法の確立など種々の課題がある。山陽自動車道河内～西条 I C間に約11kmのうち9km(上り線)の区間にコンポジット舗装の基礎資料を得ることを目的に試験施工を実施した。その概要を以下に紹介する。

(1) 山陽道河内～西条 I C コンポジット舗装

① 試験施工の概要

試験施工は図-7に示す11断面(700m/断面)とし、橋梁及びSA、I Cの流入部を避けて配置している。

コンポジット舗装の下層に用いるコンクリート舗装版は以下の3種類である。

a) 連続鉄筋コンクリート舗装版 (CRC)

鉄筋を縦方向に連続して配置し、コンクリート舗装版に緩衝膨張目地を施す以外は横目地を全く省いたコンクリート版のことをいい、コンクリート舗装版に生じる横ひび割れを縦方向鉄

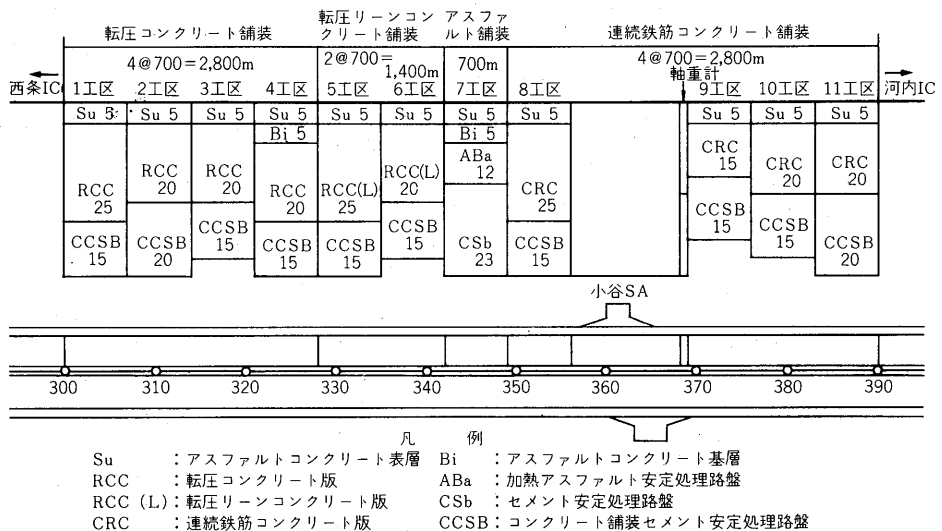


図-7 試験施工の断面と配置 (単位: cm)

表-3 道路公団における転圧コンクリート及びコンポジット舗装試験施工一覧表 (その1)

路線名・場所	常盤 関本PA	北陸 能生IC	山陽 沼田PA	中国 横断道 金城PA (本線部)	九州 山江SA	東名 高速 工用道路
規模	1,470㎡	350㎡	2,575㎡	9,720㎡	1,760㎡	4,994㎡
構造	RCC 25cm セメント安定処理路盤 10cm	RCC 25cm 粒状路盤 15cm	RCC 15,20,25cm RCC 21cm 粒状路盤 30,25,20cm 粒状路盤 20cm	As 5cm RCC 15,20cm セメント安定処理路盤 15,10cm	RCC 20cm 粒状路盤 20cm	RCC 15cm 粒状路盤 15cm
使用材料	舗装用 (JH規格)	普通	普通	普通, 高炉B	普通	普通
骨材	陸砂, 5号, 6号, 7号碎石	川砂, 5号, 6号, 7号碎石	海砂, 陸砂, 5号, 6号, 7号碎石	砕砂, 砕石 (2005) スクリーニングス	陸砂, 5号, 6号碎石	川砂 川砂利 (2505)
混和剤	A E減水剤標準型	A E減水剤遅延型	A E減水剤遅延型	A E減水剤遅延型	A E減水剤遅延型	A E減水剤標準型
骨材の最大寸法	20	20	20	20	20	25
水セメント比 (%)	32.6	38.5	40.7	40.4	35.0	35.5
細骨材率 (%)	46.6	46.1	40.9	41.0	46.0	41.0
単位セメント量	270	270	270	240	280	270
単位水量 (kg/㎡)	88	104	110	105	98	96
ミキサ	二軸 2㎡ (1.5㎡) パン 1.5㎡ (1㎡)	パン 3㎡ (2㎡)	パン 1.5㎡ (1㎡)	二軸 2㎡ (1.25㎡)	二軸 1.5㎡ (1㎡)	二軸 3㎡ (2㎡)
敷き均し	シングルタンバ	ダブル, シングルタンバ	ダブル, シングルタンバ	ダブルタンバ	ダブルタンバ	ダブルタンバ
一次転圧	大型振動ローラ	大型振動ローラ	大型振動ローラ	大型振動ローラ	大型振動ローラ	振動ローラ
二次転圧	タイヤローラ	水平式振動ローラ	タイヤローラ	タイヤローラ	タイヤローラ	タイヤローラ
仕上げ転圧	中型振動ローラ	中型振動ローラ	中型振動ローラ	水平式振動ローラ	小型振動ローラ	小型振動ローラ
試験項目	1) 敷均し層数の比較 2) 目地間隔の比較	1) グアルガンパンの使用	1) ホワイトベース使用 2) 舗装厚さの比較	1) 本線ホワイトベース使用 2) セメント種類, 量比較	1) s/aの比較 2) 目地間隔の比較	1) 急勾配 (最急勾配14.9%), 急カーブ箇所施工
施工時期	昭和62年11月	昭和63年6月	昭和63年10月	平成元年4月	平成元年5月	平成元年5月

表-3 道路公団における転圧コンクリート及びコンポジット舗装試験施工一覧表 (その2)

路線名・場所	九州道 大手木TN, 日光谷TN	四国縦貫道 生子山TN (旧名: 立川TN)	東北横断道 五百川PA	山陽道 (河内~西条間: 本線)	東名高速 新船沢PA	四国縦貫道 山根TN
規模	4,698㎡	4,529㎡	5,600㎡	23,240㎡	7,256㎡	11,300㎡
構造	As 10cm RCC 20cm セメント安定処理路盤 15cm	As 4cm RCC 25cm セメント安定処理路盤 16cm	RCC 20cm セメント安定処理路盤 15cm	As 5cm RCC 20cm セメント安定処理路盤 15cm セメント安定処理路盤 20, 15cm	RCC 20cm セメント安定処理路盤 25cm	RCC 25cm セメント安定処理路盤 20cm
	使用セメント	高炉B	舗装用 (JH規格), 高炉B, 膨張セメント	高炉B	高炉B	高炉B
	骨材	海砂, 砕石 (2005) スクリーニングス AE減水剤標準型	砕砂, 海砂, 5号, 6号砕石 AE減水剤標準型	山砂 砕石 (2505) AE減水剤標準型	海砂, 5号, 6号, 7号砕石, スクリーニングス AE減水剤標準型	山砂, 砕砂 (2005), 6号砕石 AE減水剤標準型
材料	骨材の最大寸法	20	25	20	20	20
配合	水セメント比 (%)	37.1	36.0 35.1 45.6 34.1	43.8	40.7	45.9
	細骨材率 (%)	37.2	43.0	40.0	43.0	42.0
	単位セメント量	270	300 308 237 323+27	240	290	257
施工	単位水量 (kg/㎡)	100	108 108 108 110	105	118	118
	ミキサー	二軸 1㎡ (0.75㎡)	二軸 2㎡ (1.5㎡)	二軸バグミル連続式	二軸バグミル連続式	二軸 3㎡
	敷き均し	ダブルタンバ	ダブルタンバ	ダブルタンバ	ダブルタンバ	ダブルタンバ
機械	一次転圧	大型振動ローラー	大型振動ローラー	大型振動ローラー	大型振動ローラー	大型振動ローラー (ゴム装置輪)
	二次転圧	タイヤローラー	大型振動ローラー	大型振動ローラー	大型振動ローラー	大型振動ローラー (ゴム装置輪)
	仕上げ転圧	大型振動ローラー	水平式振動ローラー	タイヤローラー	タイヤローラー	タイヤローラー及び水平ローラー (ゴム装置輪)
試験項目	1) トンネル内ホワイトベース適用 2) 目地間隔の比較	1) 表層への適用検討 2) 敷均し層数の比較 3) a/sの比較 4) 表面処理有無の比較	1) 各種セメントの比較 2) 目地間隔の比較 3) 曲げ強度の違い (45.35 kgf/㎡) による比較	1) ホワイトベース使用 2) 連続鉄筋コンクリート版等のホワイトベースとの比較	1) 大型車駐車場部に使用	1) 高速道路本線部の表層への適用検討
施工時期	平成元年8月	平成元年12月	平成2年6月	平成2年7月	平成2年10月	平成3年1月

筋により分散させ、個々のひび割れ幅を狭くし、鉄筋とひび割れ面の噛み合わせにより、版の剛性と連続性及び耐久性を持たせたものである。なお、版厚は経験的に通常のセメントコンクリート版厚の80~90%とする例が多く、30cm版厚に対し、25cmを基本とし、版厚の違いによる耐久性の比較のため20、15cmとした。縦方向鉄筋の被りは版表面から1/3の位置（版厚15cmは被り不足から20cmと同位置）とした。また、コンクリート種別はB1-1、セメントは高炉B種を使用した。施工状況を写真-2に示す。

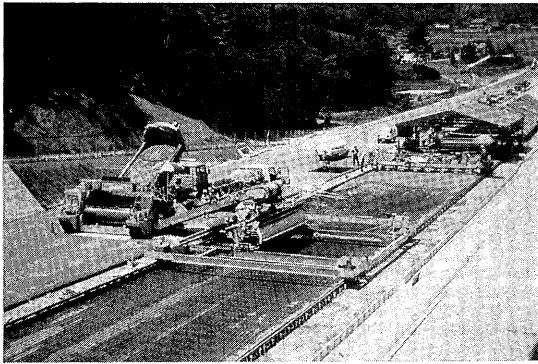


写真-2 連続鉄筋コンクリート施工状況  
(山陽自動車道河内~西条 I C上り)

b) 転圧コンクリート舗装版 (RCCP)

ゼロスランプの超硬練りコンクリート（単位セメント量240kg/m<sup>3</sup>）をアスファルト用の舗設機械で施工するコンクリート舗装版をいい、施工性、経済性、早期開放、目地間隔の拡大などの利点がある。

生コンの製造は仮設ソイルプラントに若干の改良を加え、試験的にコンクリートの製造を行った。施工状況を写真-3に示す。

c) 転圧コンクリート舗装版 (RCCP (L))

横断道などの比較的交通量の少ない路線でのコンジョット舗装として、転圧コンクリート舗装版の利点を残し、セメント量を低減した貧配合のコンクリート（単位セメント量170kg/m<sup>3</sup>）

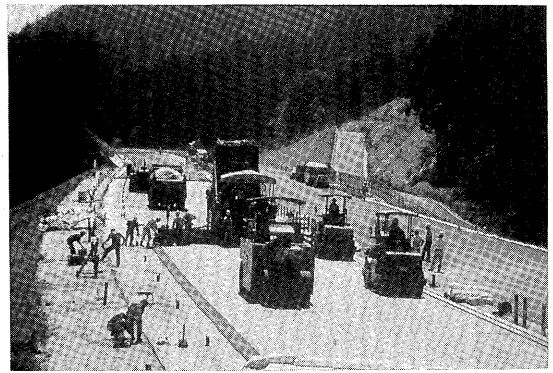


写真-3 転圧コンクリート施工状況  
(山陽自動車道河内~西条 I C上り)

を使用したもので、施工性、経済性をさら求め、今回試験的に実施する。なお、転圧コンクリートの配合は表-4に示す品質基準により実施し、示方配合を表-5に示す。

表-4 コンクリートの品質基準

粗骨材の最大寸法 (mm)	材齢28日における設計基準曲げ強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	材齢28日における配合曲げ強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	(注1) 締固め率 (%)
20	45	60	97±1

(注1) JIS A 1210「土の突固め試験法」を準拠し、下記の条件で行う

モールド径	10cm	ランマ重量	4.5kg	突固め層数	3層
モールド高さ	20cm	落下高	45.0cm	突固め回数	65回/層

d) アスファルト表層混合物

混合物の厚さは耐流動性を考えた場合薄い方が期待できるが、下層のコンクリート版からのリフレクションクラック対策を考慮し、骨材の最大粒径20mm・施工厚さ5cm（一部10cm）とした。なお、使用混合物のDSは1000回/mm程度となった。

なお、1工区では、長期的な供用性を比較するため改質アスファルト2種類の混合物も使用している。

②初期における構造解析

載荷試験の概要は図-8に示すとおりである。

表-5 コンクリートの示方配合

	粗骨材の最大寸法 (mm)	細骨材率 S/a (%)	水セメント比 W/C (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )								
				水 W	セメント C	粗 骨 材 S			粗骨材G			A E 減水剤
						中 砂	Scr	7 号	6 号	5 号		
転圧コンクリート	20	40	43.8	105	240	491	214	128	770	514	0.600	

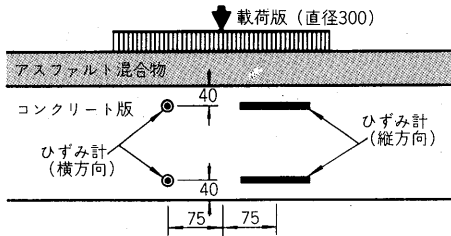


図-8 荷重試験の概要 (単位: mm)

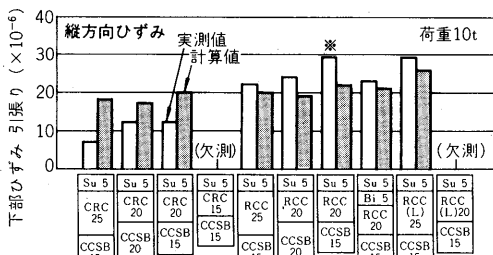
a) 多層弾性理論による解析結果

(イ) 解析にはBISARを使用し、材料定数は現場での材料試験や過去の研究結果を参考に表-6の値を採用した。

表-6 解析に用いた材料定数

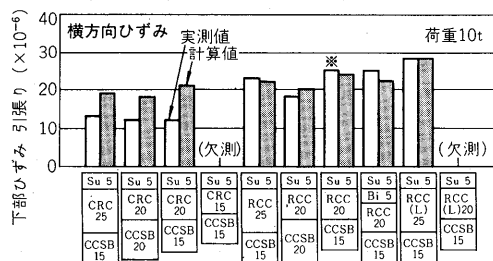
工種	版厚 (cm)	弾性係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	ポアソン比
Su	5,10	10,000	0.35
Co版	15,20,25	CRC 400,000	0.20
		RCC 300,000	
		RCC (L) 150,000	
CCSB	15,20	40,000	0.30
SGu	∞	1,000	0.45

(ロ) 実測と計算値の比較は図-9, 10からRCCPとRCCP(L)は比較的良好に合っているがCRCは実測値が計算値より小さい。



注) 凡例は図-2参照  
※は、測定箇所クラックが発生

図-9 多層弾性理論による計算値と実測値の比較 (アスファルト混合物層有, 縦方向ひずみ)



注) 凡例は図-2参照  
※は、測定箇所クラックが発生

図-10 多層弾性理論による計算値と実測値の比較 (アスファルト混合物層有, 横方向ひずみ)

(ハ) 図-11に示すCRCの荷重位置の違いによるひずみの分布は下部の実測値が小さく分布の形状は計算値と同じことから鉄筋が内部応力のみでなく荷重応力に対しても効果を示しているものと考えられる。これらの結果、コンポジット舗装の版中央部での荷重応力の算定に当たっては、多層弾性理論の適用が可能であると考えられる。

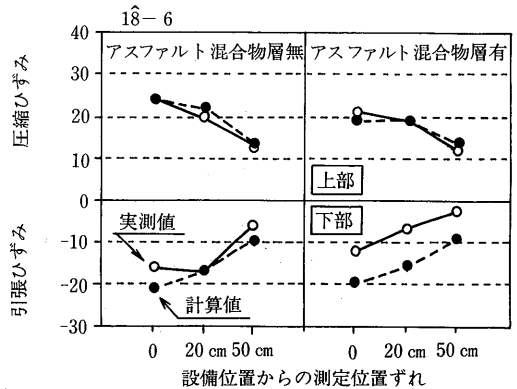


図-11 ひずみの分布 (CRC t=20)

- (ニ) 図-12に示すコンクリート下面の応力は、
- (i) 同一材料では、版厚の薄いものの応力が大きい。
  - (ii) 材料別には、連続鉄筋コンクリート版のものの方が応力が大きい。
  - (iii) アスファルト混合物層5cmの場合、混合物層があることにより、コンクリート下面応力が約1割低減する。(コンクリート版厚に換算すると約2cmとなる。) などの傾向がある。

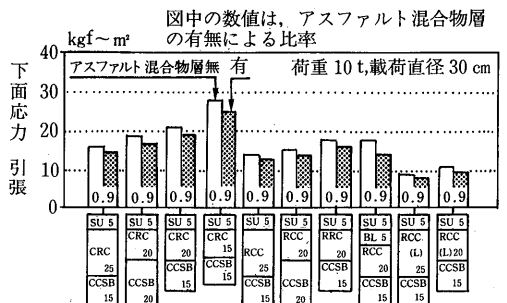


図-12 多層弾性理論による下面応力

b) 多層弾性理論と複合平板理論の比較

図-13は、表-6に示す材料定数を用い、アスファルト混合物層が有る場合と無い場合の面



理論による計算結果を比較したもので、比較的良好に一致している。今後、アスファルト混合物層の考え方を検討することで複合平板理論の応用が期待できると考えられる。

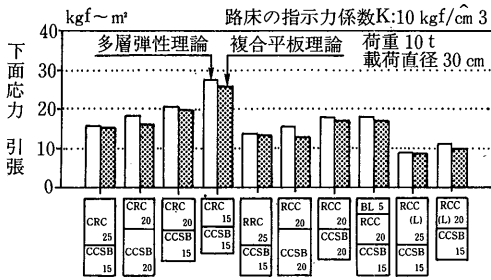


図-13 多層弾性理論と複合平板理論の比較

(2) 中国自動車道金城PA (本線)

表-3に示す上記道路の解析の一部として、

a) 疲労抵抗の試算による版厚の低減

疲労抵抗の試算にはJH設計要領に示されている輪荷重により生ずる応力と温度変化に伴う応力の合成応力に対する疲労の試算方法を準用して検討した。この結果、図-14に示すようにコンポジット舗装のコンクリート版はコンクリート舗装に比べ同じ曲げ強度であればアスファルト表層5cmで2cm程度、10cmで4cm程度版厚を低減できる可能性がある。なお、参考までにスペインのコンポジット舗装の設計例として同図に示すように版厚、疲労抵抗値は異なるがRCC版とアスコン層との組み合わせの傾向をみるため高速道路のRCCをホワイトベースに用いたコ

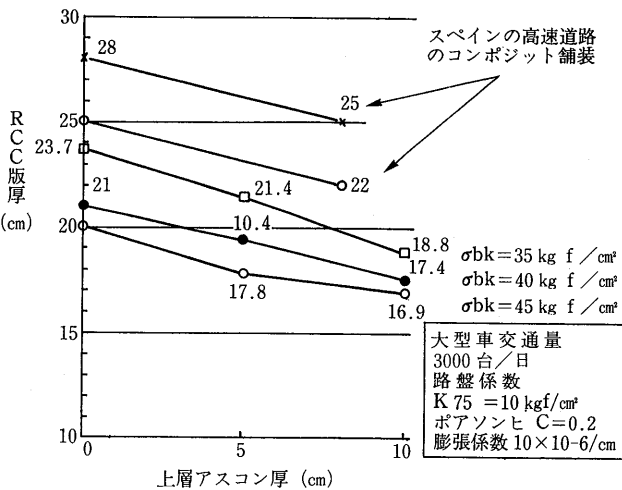


図-14 疲労抵抗の検討結果

ンポジット舗装は、路床条件と交通条件から決定される通常のコンクリート舗装版の厚さから3cm薄い厚さのRCC版厚とし、8cmの表層、基層を設けている。以上解析結果を紹介したが今後、山陽道のコンポジット舗装の試験施工の追跡調査から明らかにされることと思われる。

2.2.2 半たわみ性舗装

交通量の増加車輦の大型化・重量化に伴う流動わだち掘れ損傷の増大に対し、アスファルト舗装はその宿命ともいべき流動わだち掘れ等の損傷を招き、バインダー材、混合物の配合設計のみによる対応では流動防止に限界がみられる。このため、セメントミルクの充填による力学特性の変化を生かした半たわみ性舗装が注目を集めるようになった。半たわみ性舗装についてはその卓越した耐流動性は高かったものの、セメントミルクの養生に長時間を要すること、施工能力が低いことから維持修繕における採用は駐車場、料金所前後の舗装改良等に限られていた。その後、一般に施工後交通開放まで養生を3日間程度要していたものが、養生時間を短縮できる超速硬タイプ(3時間)、早強タイプ(養生1日)などの製品が開発されてきた。以下に半たわみ性舗装の施工状況および施工後の路面性状耐流動・耐摩耗性、すべり抵抗、路面反射率の明色性の追跡調査結果について述べる。

(1) 施工実績と使用箇所

高速道路での半たわみ性舗装はサルビアシム工法として、セメントミルクによる明色性、コンクリート舗装に比べ走行時の騒音が少なく、乗り心地が良い、工期短縮等からトンネル内に昭和43年から使用されたが、浸透ミルク、施工技術、すべり抵抗等の面から中断の時期があった。その後、各社の研究・開発が進められ、昭和61年から全浸透型として新設道路及び既設道路に施工され、その施工実績(概算14万m²)は図-15に示す推移となっている。新道路及び既設道路の施工割合は、それぞれ約65及び35%で施工箇所毎の割合は図-16に示すように、トンネル、サービスエリア、パーキングエリアが多く、料金所を含め約90%を占めている。その他としては車線、登山坂車線、コンポジット舗装のホワイトベース、RCCP上の施工などがある。セメントミルクの特殊添加材はこれまで11種類使用されている。新設および既設道路で施工された半たわみ性舗装を写真-4~7に示す。

(2) 施工基準

JHでは平成2年6月に半たわみ性舗装要領(案)を

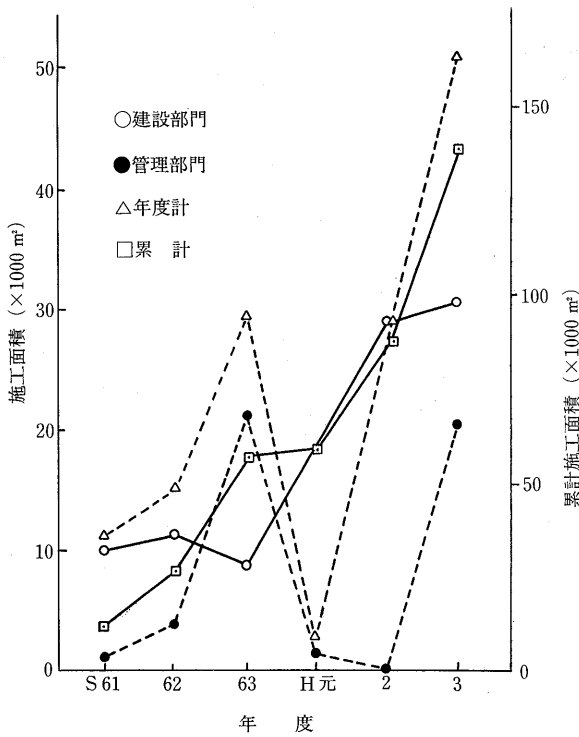


図-15 半たわみ性舗装施工実績

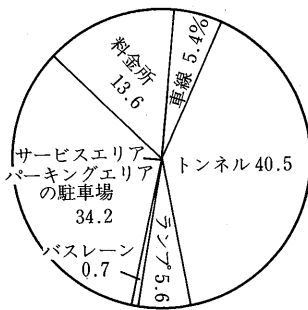


図-16 施工箇所の割合

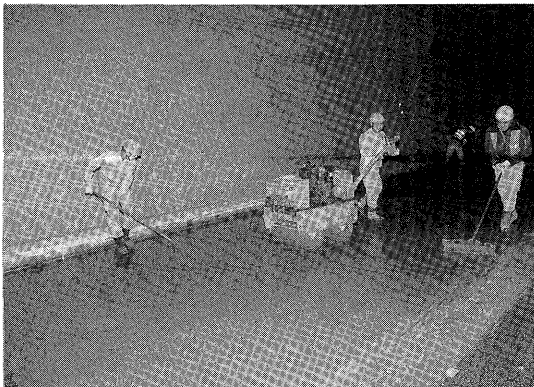


写真-4 半たわみ性舗装人力仕上げ  
(四国縦貫自動車道 生子山トンネル上り)

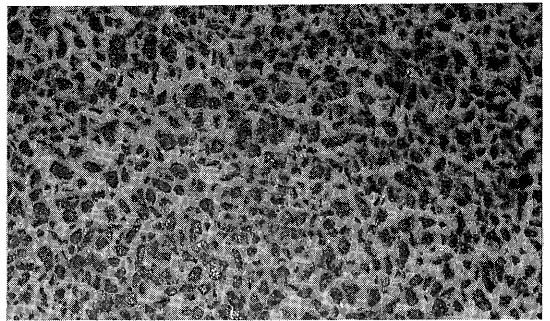


写真-5 半たわみ性舗装仕上げ  
(四国縦貫自動車道 生子山トンネル上り)



写真-6 駐車場における半たわみ性舗装  
(関越自動車道 三芳PA改築工事)

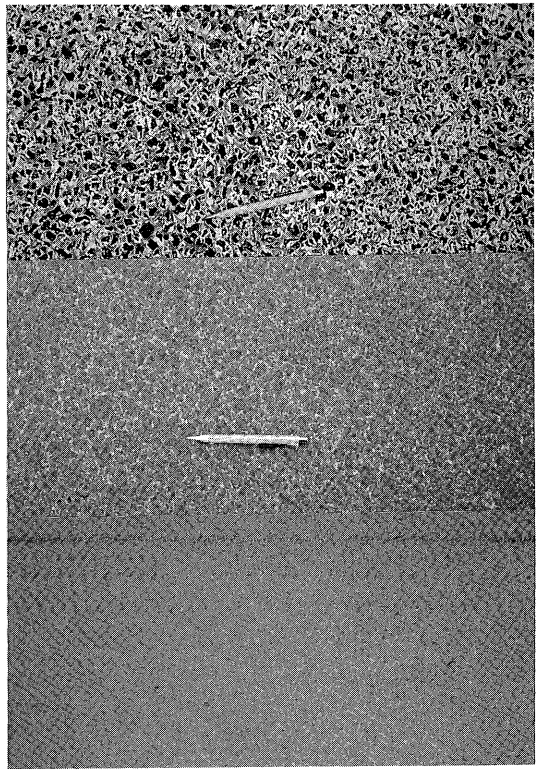


写真-7 同上 半たわみ性舗装の路面状況  
(仕上り・セメントミルク除去, セメントミルク散布後)

制定し、施工を行っている。主要な基準の数値は表-7のとおりである。

表-7 半たわみ舗装基準

セメントミルク	フロー値圧縮強度 (7日, 折片)	9~13秒 (Pロート) 150~360 kgf/cm <sup>2</sup>
半たわみ性混合物	曲げ強度 (7日) 曲げ破断ひずみ すべり抵抗値 空げき率 マーシャル安定度	25kgf/cm <sup>2</sup> 以上 3×10 <sup>-3</sup> 以上 (目標値) BPN60以上 21~25% 250kgf 以上

(3) 路面性状と追跡調査

① 目視による路面性状

図-15に示す施工箇所が目視による路面性状は現在4.5~6年経過したもので一部切削オーバーレイ工の改良工事やクラックシールの箇所がある以外は良好である。なお、表-8に示す施工箇所の供用性調査を以下に述べる。

② 路面形状

イ) 耐摩耗

一般地区に比べ摩耗が促進され易い積雪寒冷地のトンネル内の半たわみ性舗装は図-17に示すように耐摩耗用の表層混合物タイプII (要領改定後タイプC) と比べ摩耗量は少なく、耐摩耗性に優れた混合物といえる。

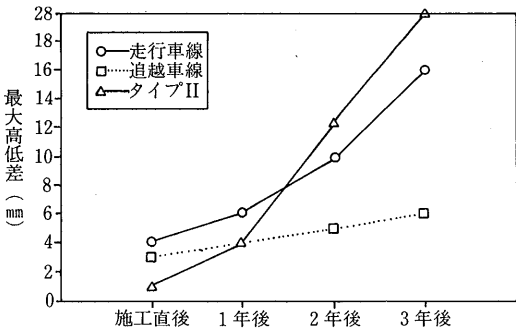


図-17 横断形状

ロ) 耐流動

上下線方向からの登坂車線に施工した半たわみ性舗装、アスファルト舗装とも供用後4年の値(現在の交通量12,000台/日)としては大きくないが図-18に示す4年後の値は半たわみ性舗装がアスファルト舗装の約2/3と耐流動性の明確さを示しつつある。半たわみ性舗装の空隙率、添加材の種類による工法の差はわだち掘れの絶対値の差が小さいことから現時点では判明しな

表-8 半たわみ性舗装施工一覽表 (追跡調査箇所)

No	施 箇 所	延 長 (m)	施 面 積 (m <sup>2</sup> )	施 工 年 月	施 工 厚 (mm)	骨材の P O P サイズ (mm)	6号砕石物理性状				セメントミルク		母体アスコン、半剛性混合物	備 考		
							岩 質	見 比	掛 重	吸水量 (%)	すり減り (%)	種 類			フ ロー (sec)	曲 げ 強 度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
①	関越自動車道 川上トンネル (下り)	193	1,469	S 63. 9	50	20	硬質砂岩	2.67	0.61	13.5	普通	10.3	67	24.0	19.8	雪積寒冷地
				H 3. 6	50	20	硬質砂岩	2.67	0.75	15.6	超速硬	12.2	59	24.0	—	—
②	北陸自動車道 敦賀トンネル (下り)	200	600	H 3. 6	50	20	南アフリカ産 シマナイト	3.26	0.19	7.2	〃	12.2	—	24.0	—	雪積寒冷地 混合物の配合割合で5, 6号砕石が84% の内硬質砂岩50%シリマナイト34%
				S 61. 11	40	13	ホルン フェルス	2.77	0.65	12.1	普通	14.0	30.8	20.3	33.1	一般地 セメントミルク添加材P
③	山陽自動車道 登坂車線 (上り)	200	940	S 61. 11	40	13	〃	2.75	0.59	10.7	〃	10.8	47.4	24.3	36.6	一般地 セメントミルク添加材S
				S 63. 6	50	20	硬質砂岩 (玉砕)	—	—	10.2 (16.7)	—	—	11	52	24 (23.9)	27 (25)

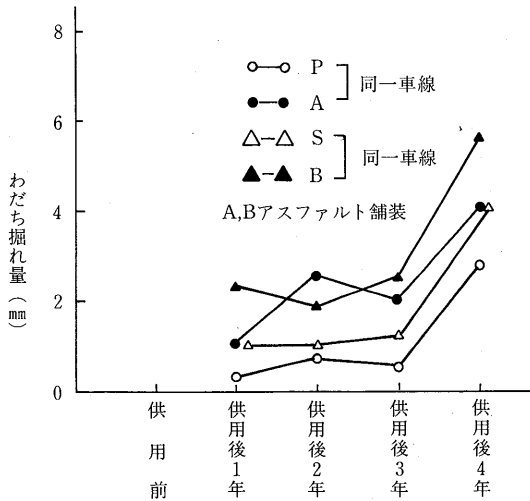


図-18 わだち掘れ量経年変化

い。

③ すべり抵抗

半たわみ性舗装はセメントミルクが存在するため、すべり易い欠点を持つといわれているが、上記②(ロ)と同一区間の登坂車線に添加材の種類を変えて行った試験施工の供用後4年までの結果は、図-19のBPNは供用後2年で若干低下しているが4年経過後は増加している。なお、図-20に示すように大型すべり測定車の結果は、供用後3年間では若干増加傾向にあったが4年ではBPNとは逆に低下している。しかし、アスファルト舗装より若干高く供用時の管理目標を満足する高い値を維持している。なお、セメントミルクの添加材による差は認められない。

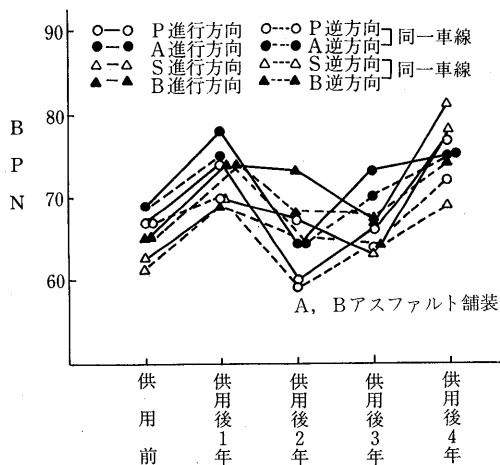


図-19 すべり抵抗経年変化

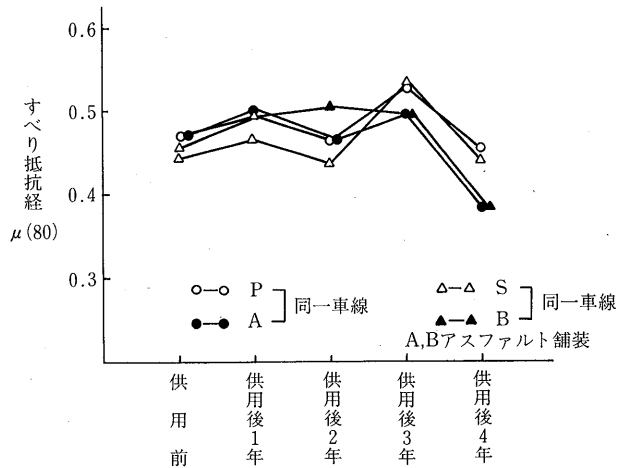


図-20 すべり抵抗経年変化

④ 路面反射率

半たわみ性舗装については照明の設計等に対する調査試験を行っており、路面反射率測定の実績調査は重要である。

a) 図-21の①は施工直後の反射率は42%から3年で16%と低下を示しており今後の推移をみる必要があるが、同時期に施工した図中④⑤の両トンネルの半たわみ性舗装とコンクリート舗装の路面反射率は前者が供用後4か月で若干低下したがその後回復し、供用後約2年で後者の25%と比較しても同程度の値となっている。

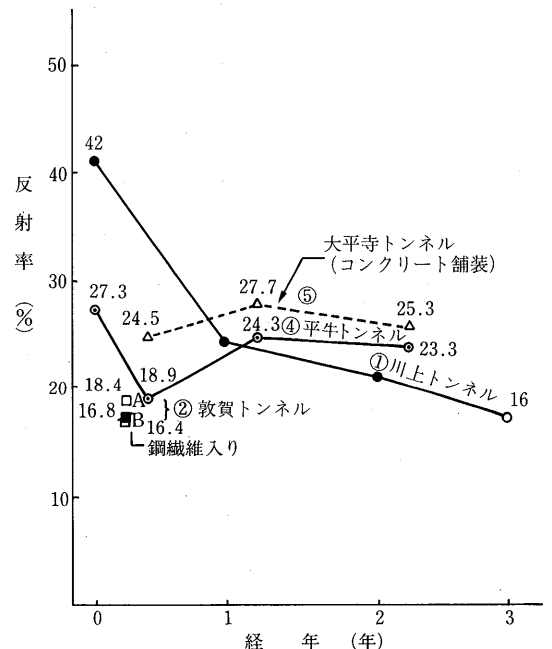


図-21 反射率の経年変化

### 2.2.3 転圧コンクリート

わが国における転圧コンクリート舗装（以下RCCP）の本格的な研究開発がスタートして5年になろうとしている。JHにおけるRCCP試験施工一覧を表-3に示す。

高速道路本線の表層への適用については、高速走行に対するすべり抵抗の確保、平坦性、表面性状（骨材の飛散等）及び耐久性に懸念があった。そこでRCCPの高速道路での表層適用の例（高松建設局管内四国縦貫自動車道内）を紹介する。本試験施工は生子山トンネルで行った試験施工及び追跡調査の結果に基づいて隣接する山根トンネルでさらに試験施工を実施した。

#### (1) 生子山トンネル

施工概要は舗装構造は表-3に示すとおりである。

##### ① 平坦性の改善

- a) 平坦性は1層当たりの施工厚さにも影響されるため1層工法に加え2層（2層数均し2層締固め、上層10cm下層15cm）でも施工した。表-9に示すように良好な結果が得られた。これは路盤の段階で良好な平坦性が得られており、RCCPの施工に高締固め型アスファルトフィニッシャーを使用し、仮設プラントからの生コンの製造管理と安定供給によるものと考えられる。なお、1層、2層工法による平坦性の有意差

表-9 施工直後追跡調査結果

種 別	3 m プロファイルメータ $\sigma$ (mm)	8 m プロファイルメータ PrI (cm/km)	
	セメント安定処理路盤	1.73~2.14	20.6~32.5
RCC版	1層工法	1.09~1.14	9.5~12.4
	2層工法	1.13~1.40	11.0~14.3

はなく1層施工でも良いと判断される。

#### ② 表面性状の改善

##### a) 表面性状

骨材飛散や路面の荒れを定量的に評価する方法は現在確立されていないが、フレットング度（粗骨材の飛散個数/観察面積 $\times 1 \times 1$  m）、スケーリング率%（荒れた面積/調査面積 $\times 100$ ）の指標で評価する。調査結果から両者はほぼ同様な傾向であることから、代表性状としてスケーリング率について図-22に示す。この結果から

- イ)  $s/a = 42\%$ が38%の配合よりスケーリング率が低く路面は良好である。  
ロ) ポリマーセメントペーストを塗布した区間のスケーリング率は低く、表面処理の効果がみられる。  
ハ) 図-23に示すように、締固めにゴムコーティ

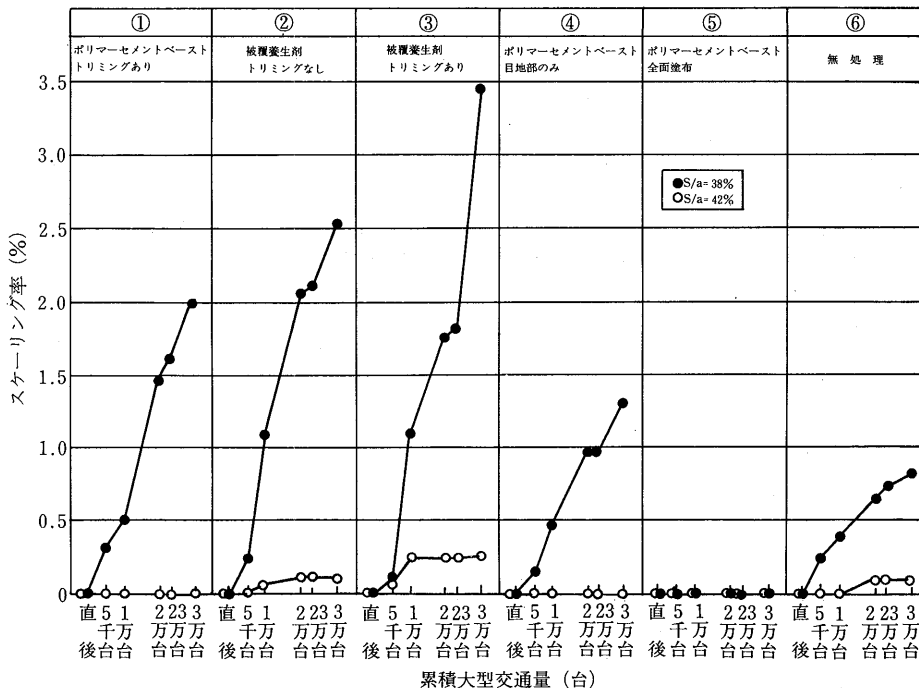


図-22 表面性状の経時変化

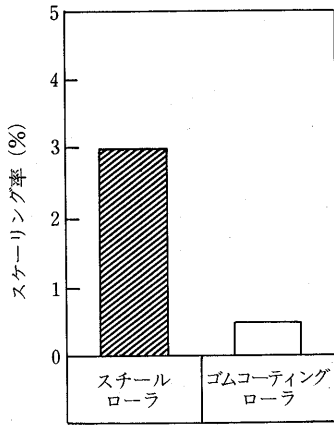


図-23 ローラのタイプ別による比較結果 (3万台)

ング振動ローラを使用した方が路面は密実化して骨材のキャッチング力が揮され通常のスチール振動ローラよりも良好であった。

b) すべり抵抗

すべり抵抗の経時変化は図-24に示すように交通量の増加とともに低下しているが、1万台通過の時点からほぼ一定値になっている。なお、ポリマーセメントペーストによって表面処理した区間のすべり抵抗値は他の区間より低く、骨材の露出につれて上昇傾向がみられるが、最終的には大きな差異はなく、3万台でおおむねDFテスターによるすべり摩擦係数 $\mu=0.4$ , BPN=60以上は確保されている。

なお、細骨材率の差は粗骨材量の多い $s/a=38\%$ の配合が $42\%$ よりすべり抵抗が高くなっている。これは上記②のスケーリング率が $s/a=38\%$ が高く路面の荒れた状態にも多少関係していると思われる。

(2) 山根トンネル

生子山トンネルの試験施工及び追跡調査の成果を生かし、高速道路の初の本層としての試験施工を実施した。施工概要は表-3に示すとおり $s/a=42\%$ , 25cm1層施工とし、ゴム装置輪の振動ローラで施工した。施工及び仕上り面を写真-8, 9に示す。

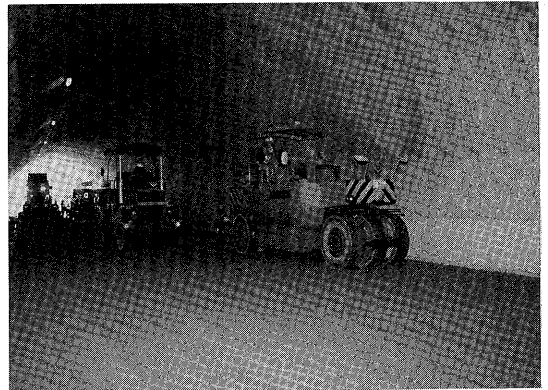


写真-8 転圧コンクリート施工状況 (山根トンネル下り)

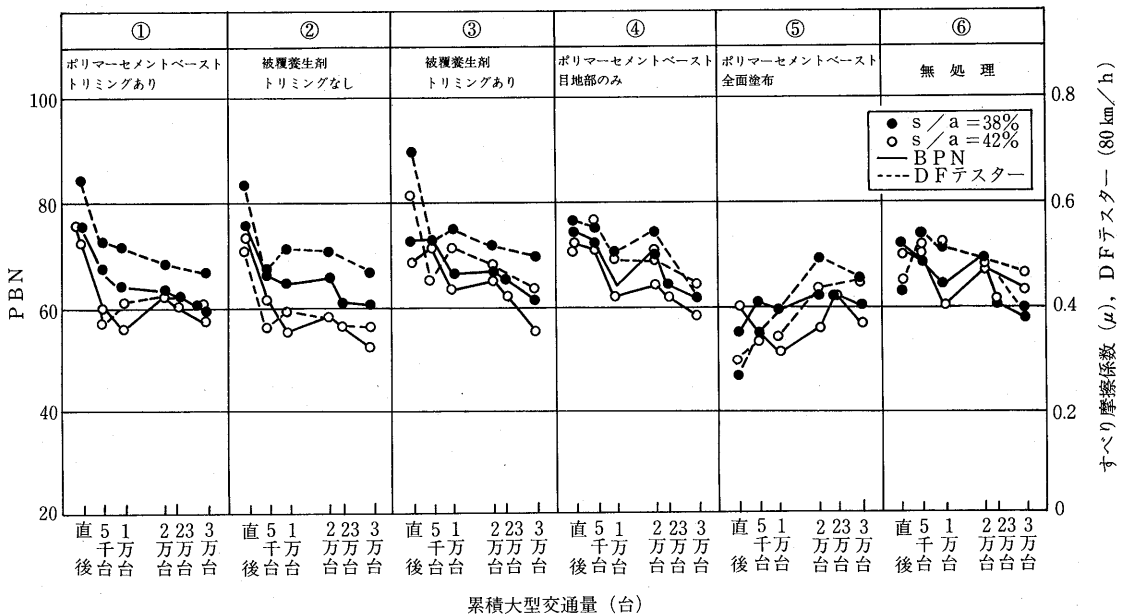


図-24 すべり抵抗の経時変化

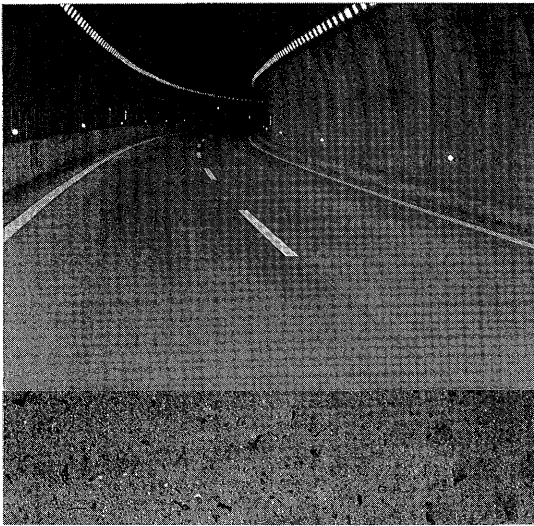


写真-9 転圧コンクリート仕上り  
(山根トンネル下り)

① 平坦性及び路面性状

混合物の含水比の変動率を最小限に抑さえ、安定供給、熟練オペレータの配置等を図り表-10に示すように従来のコンクリート舗装に比べ遜色のない平坦性が得られた。

表-10 施工直後追跡調査結果

縦断凹凸量	$\sigma$ (mm)	1.15
	PrI	5.69
すべり抵抗値	$\mu$ (試験車80km/h)	0.509
	BPN	69

② すべり抵抗

表-9に示すように施工直後の値として生子山トンネルを上回り、大型すべり測定車の結果も高い値を示している。

③ 目地間隔

目地間隔は生子山トンネルの試験施工6か月時点でのひびわれがRCCP版の収縮目地位置に誘導できなくて発生したひびわれは1箇所だけであったことから、本トンネルも同様、横収縮目地(3×70mm)を坑口より11スパン15m、坑内はすべて30m間隔とし、縦目地(6×70mm)を幅員センターに設けた。しかし結果として1年以内の路面観察から坑口及び坑内ともクラックの発生は避けられずトンネル内でも温度差によるクラックは生ずるものと思われる。

今後、目地間隔については検討が必要である。

2.2.4 排水性舗装

高速道路の交通安全対策と騒音対策はJHが抱える課題である。このため排水・交通騒音低減機能を持つ排水性舗装に着目し、本舗装を導入した。

試験施工は平成元年度から交通安全対策として既設道路において行われた。その後、新設道路においても、実施され、その施工数量は表-11に示すように約11万 $m^2$ となっている。

(1) 室内試験

排水性舗装の試験施工にあたり、表-12に示す暫定設計基準に基づき室内試験を実施した。室内試験結果を以下に述べる。

表-12 排水性舗装配合設計等の暫定方針(案)

空隙率	15%以上 ※1
マーシャル安定度	500kgf以上
バインダー量	4.5%以上 ※2
動的安定度(DS)	1,500回/mm以上
その他	① 骨材のキャッチング確保のため改質アスファルトを使用 ② 付着性、防水性確保のためゴム入りタックコート0.4l/ $m^2$ 施工

※1 平成3年12月施工要領で20%程度に変更

※2 平成4年7月よりカンタプロ試験及び付着(グレ)試験を行う

① 空隙率と粒度・安定度

空隙率と2.36mm及び4.76mmふるい通過百分率の関係は2.36mmふるいとの相関が高く、これにより空隙率の設定が可能である。また、空隙率と安定とは空隙率の増加とともに安定度は低下するという相関があり表-12に示す安定度を得るため改質バインダーの使用となる。

② 摩耗量

摩耗量は図-25、26に示すように空隙率の増加とともに摩耗量は増加し、空隙率20強で急増している。図-26から通常JHで耐摩耗混合物として

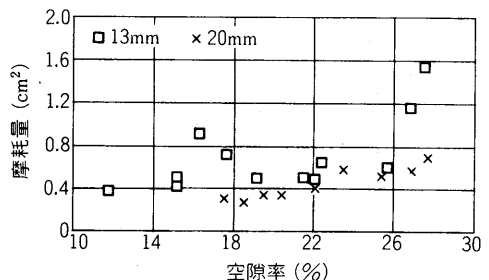


図-25 空隙率とラベリング試験の摩耗量の関係

表-11 排水性舗装試験施工一覽表 (平成3年度末現在)

No.	担当局	組織	施工年月	路線名	区	間	車線	上下	交通量 (台/日)	面積 (㎡)	厚さ (cm)	空隙率 (%)	バインダー種別	添加物		
														自	至	纖維
1	仙臺郡	山	1 7	東北	本宮	二本松	上	28,000	1,560	5	15.6	熱可塑性樹脂	MC	0.5	0	
2	第一管	第三京	1 10	第三京浜	玉川	俣上ヶ谷	下	100,000	2,465	4	16	熱可塑性樹脂	MC	0.5	有	
3	金管	長岡	1 10	北陸	柏崎	西山	上	14,000	2,600	4	20.6	熱可塑性樹脂	0	0	0	
4	大阪管	西宮北	2 3	中国	宝塚	西宮北	上	83,000	425	5	10.5	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.5	有	
5	第二管	水戸	1 12	常磐	那珂	日立南太田	上	17,000	1,500	5	14.9	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.5	有	
6	福管	谷和原	1 12	常磐	谷和原	谷田部	上下	46,000	2,450	4	15.1	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.5	有	
7	福管	植木	1 12	九州	南関	菊水	上	26,000	1,560	4	17.8	熱可塑性樹脂	0	0	有	
8	金管	新潟	2 5	北陸	中ノ島	三条燕	下	24,000	2,375	4	22	熱可塑性樹脂	0	0	0	
9	金管	新潟	2 7	北陸	三条燕	巻湯東	上	25,000	2,245	4	15	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.5	有	
10	東二管	金沢	2 8	北陸	金沢東	小矢部	上	15,000	2,975	4	19.4	熱可塑性樹脂+ゴム	0	0	0	
11	東二管	那須	2 8	關越	所沢	川越	上	70,000	4,080	4	10.6~22	熱可塑性樹脂	0	0	有	
12	東二管	須	2 6	東北	宇都宮	矢板	上	36,000	2,125	4	15.2	ゴム樹脂	0	0	有	
13	仙管	古川	2 7	東北	大和	古川	上下	27,000	7,215	5	21.2	AC100へース改質	0	0	有	
14	福管	久留米	2 9	九州	太宰府	鳥栖JCT	下	68,000	2,500	5	17.5	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.3	有	
15	福管	下関	2 11	中国	小月	下関	上	23,000	2,100	4	17.8	熱可塑性樹脂	0	0	有	
16	東一管	松田工	3 2	東名改築	伊勢原	御殿場	上	71,000	1,590	4	19.6	ストラス40-60+エポキシ	MC	0.3	0	
17	東一管	小田厚	3 3	小田厚	伊勢原	平塚	下	36,000	1,950	4	19.7	熱可塑性樹脂	MC	0.5	0	
18	大管	西宮北	3 3	中国	宝塚	西宮北	上	83,000	3,957	5	16.8~18.3	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.3	有	
19	高建	福山	3 3	山陽	倉敷	倉敷JCT	上	12,000	2,130	4	18	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.3	有	
20	高建	西条	3 3	四国縦貫	土居	伊西条	上	9,000	4,850	4	20	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.3	有	
21	高建	新潟	3 4	北陸	三条燕	巻湯東	上	25,000	2,210	4	15	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.5	有	
22	金管	小松	3 5	北陸	加賀	片山津	下	22,000	1,599	4	20.1	AC100へース改質	0	0	0	
23	福管	福井	3 6	北陸	鯖江	福井	下	25,000	3,598	4	18.3	熱可塑性樹脂	0	0	0	
24	福管	湯沢	3 7	關越	塩沢石打	六日町	下	14,000	3,200	4	17.2	熱可塑性樹脂	0	0	0	
25	仙建	仙台工	3 5	山形	関沢	山形蔵王	下	10,000	4,240	5	19.9~20.1	熱可塑性樹脂	MC	0.5	有	
26	東一管	静岡	3 7	東名	静岡	焼津	上	71,000	2,100	5	20.1	熱可塑性樹脂+ゴム	0	0	0	
27	札建	札幌	3 7	道央	恵庭	千歳	上	19,000	1,570	4	15.5	熱可塑性樹脂+ゴム	0	0	0	
28	仙管	苫小牧	3 7	道央	登別室蘭	登別東	上	2,000	954	5	17.3	熱可塑性樹脂	0	0	0	
29	仙管	福島	3 7	東北	国尻	白石	下	24,000	3,500	4	19.9	熱可塑性樹脂	MC	0.3	0	
30	金管	新潟	3 9	北陸	巻湯東	新潟西	下	29,000	2,064	4	20	熱可塑性樹脂	0	0	0	
31	名管	多治見	3 9	中央	恵那	瑞浪	下	35,000	2,800	4~5	20.1~20.4	熱可塑性樹脂	0	0	0	
32	高建	西宮北	3 10	高知	大豊	新宮	上下	6,000	10,178	4	21.3	熱可塑性樹脂	0	0	0	
33	高建	西宮北	3 10	中国	玉塚	西宮北	上	83,000	1,841	4	17.9	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.3	0	
34	高建	西宮北	3 10	中国	古川JCT	古川	上	61,000	4,551	4	17.9	熱可塑性樹脂+ゴム	MC	0.3	0	
35	高建	小郡	3 11	中国	山口JCT	小郡	上	17,000	2,460	4	18.2	熱可塑性樹脂	0	0	0	
36	金管	長岡	3 11	北陸	長岡JCT	西山	上	23,000	2,236	4	21	熱可塑性樹脂	0	0	0	
37	福管	久留米	3 11	九州	鳥栖JCT	太宰府	下	33,000	3,548	4	17.3	熱可塑性樹脂	MC	0.3	有	
38	新管	富山工	3 11	東海北陸	小矢部	福光	下	2,000	2,000	5	21.2	熱可塑性樹脂+ゴム	0	0	0	
39	東二管	鹿沼	3 12	東北	栃木	鹿沼	上	54,000	3,502	5	17.4	熱可塑性樹脂	MC	0.3	0	
	合	計						110,803								



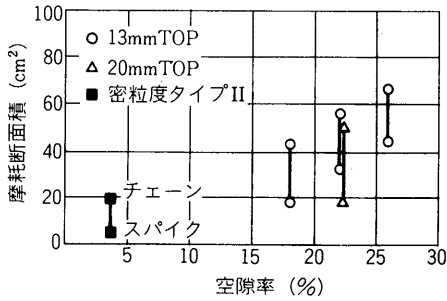


図-26 空隙率と回転式舗装試験の摩耗量の関係

用いている表層タイプIIに対し、スパイク、チェーンとも2～4倍の摩耗量を示している。なお、表層タイプIIと各種バインダー材を変えた摩耗試験の比較で、中には表層タイプIIに匹敵するバインダー材もある。また、図-25から骨材の最大粒径の大きいものが耐摩耗性に優れており、これまでいわれている傾向と同じである。

③ 空隙率と排水能力

交通荷重によるニーディング作用による表層のアスファルトモルタルのひきずり、摩耗等の粉じん等による目つぶれ、目づまりに対する室内での再現の一試験として、ホイールトラッキング試験のトラバース、摩耗試験前後の現場透水試験を行った結果、図-27、28に示すように目つぶれ、目づまりは、空隙率20%強で透水量の変化点がみられ、上記摩耗量との関連も考慮し、後述する試験施工の結果を参考に平成3年12月に表-11に示す空隙率15%を20%にする見直しを行った。

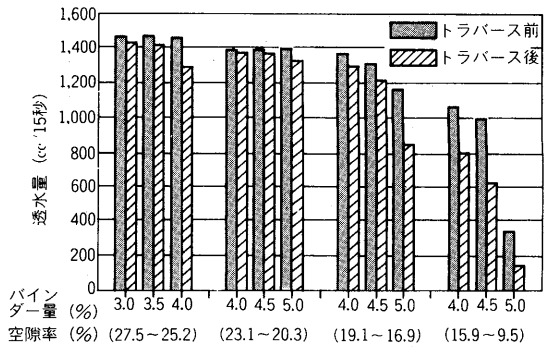


図-27 目つぶれによる透水量の変化

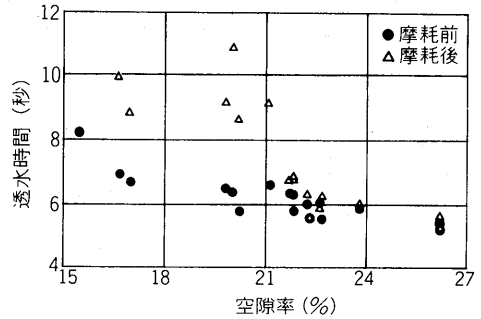


図-28 目づまりによる透水量の変化

(2) 路面性及び排水・吸音追跡調査

① わだち掘れとすべり抵抗

図-29に示すスパイク、チェーン装着車両の走行する寒冷地の排水性舗装のわだち掘れ量は冬期(11～3月)に大きく、夏期にはほとんどみられない結果が得られた。

また、排水性舗装と通常舗装のすべり抵抗値の

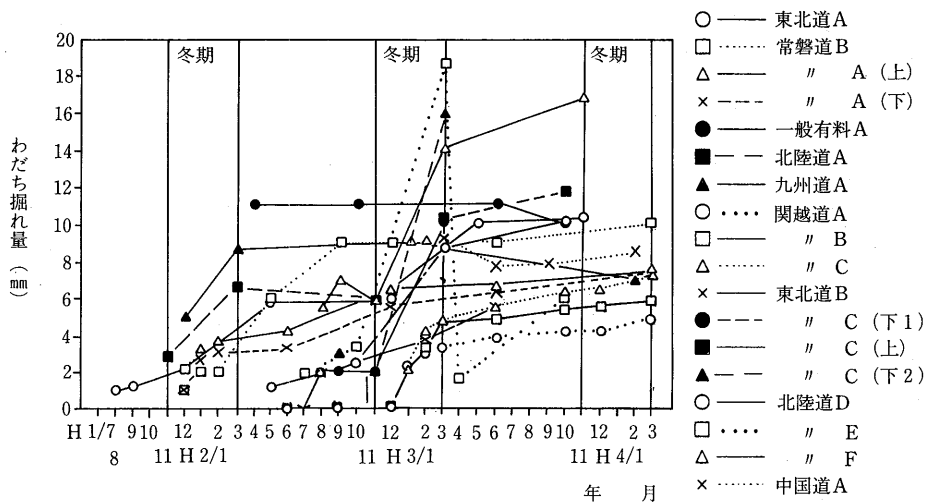


図-29 わだち掘れ量の推移

経年変化についてみると図-30に示すように供用直後は両者の差はないが、経時変化とともに排水性舗装の値が高くなっている。図-31は排水性舗装の試験施工箇所のすべり抵抗値を半年毎にその変化を示したものである。この図からすべり抵抗値は、経時的に上がる傾向にある。なお、通常舗装と隣接して施工してある箇所のすべり抵抗は通常舗装が経時変化とともに減少している傾向とは対照的である。

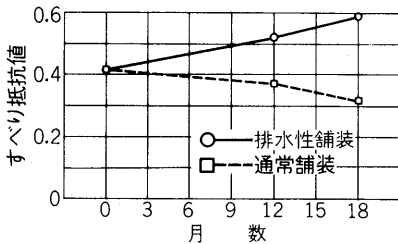


図-30 すべり抵抗値の推移 (北陸道)  
〔一般アスファルト舗装との比較〕

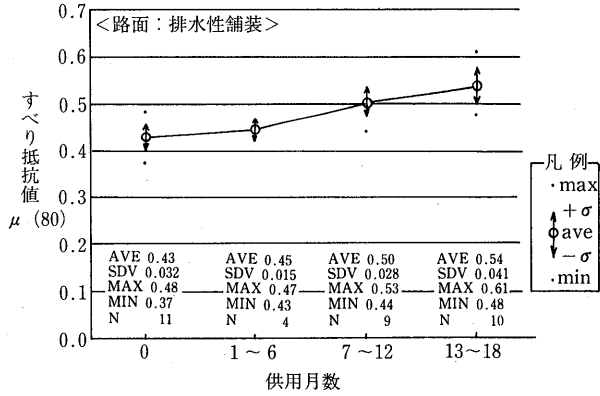


図-31 すべり抵抗値の経年変化

② 排水機能

図-32, 33に示すよう目つぶれ、目づまりによるわだち部と非わだち部の排水機能の低下に差がみられる。わだち部の低下が少ないのは走行輪のエアポンピング効果によるものと思われる。なお、

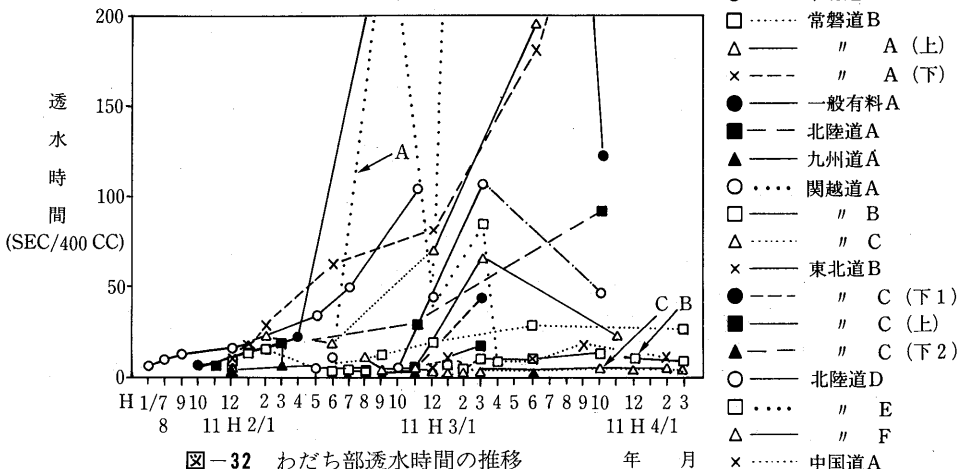


図-32 わだち部透水時間の推移

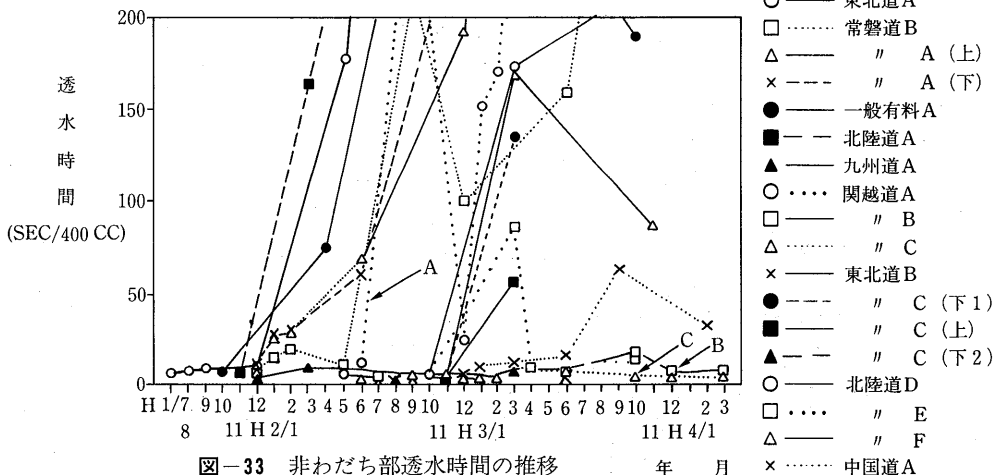


図-33 非わだち部透水時間の推移

図-32, 33に示す空隙率を変化させた試験施工のA, B, C (10, 15, 20%)のうち10%と小さい箇所はすでに目つぶれ, 目づまりを起こしており, 室内試験での空隙率20%とも符号し, この段階での妥当性が得られた。

③ 騒音追跡調査

a) 調査概要

イ) 騒音測定およびパワーレベル測定

図-34に示すとおり, 排水性舗装区間と隣接の通常舗装区間(アスファルト舗装)に騒音計を設置しデータレコーダに接続して同時収録し, あわせて, 交通量, 走行速度も測定した。分析は, 騒音レベルの中央値(L50)を算出し, 同時に周波数分析を行った。

騒音測定と同時に, 走行車線の単独走行車両のピーク騒音レベルを測定し, 走行車両のパワーレベルを求めた。また, その車両のナンバー

プレートから車種等を調査した。

b) 測定結果

イ) 騒音レベル

図-35に示すように測定データは測定箇所の道路条件, 交通条件, 路面性状等によりばらつきが大きいが, 施工直後7dBまで低下したのもあったが, 全体的に経過月数とともに騒音レベル差は減少している。

減少の要因としては, 交通荷重および冬タイヤ, チェーンによって排水性舗装表面の空隙の目づまり, 目つぶれ等が進行していったと考えられる。

なお, 路面性状によっては, 密粒度タイプの舗装(通常舗装)よりも騒音レベルが高く逆効果のものもある。

また, 図-36に全測定箇所の施工直後, 5~7か月後のデータによる騒音レベル差のヒストグラム

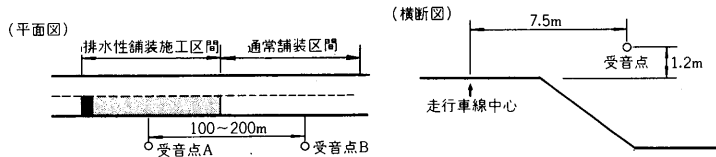


図-34 騒音測定受音点位置図

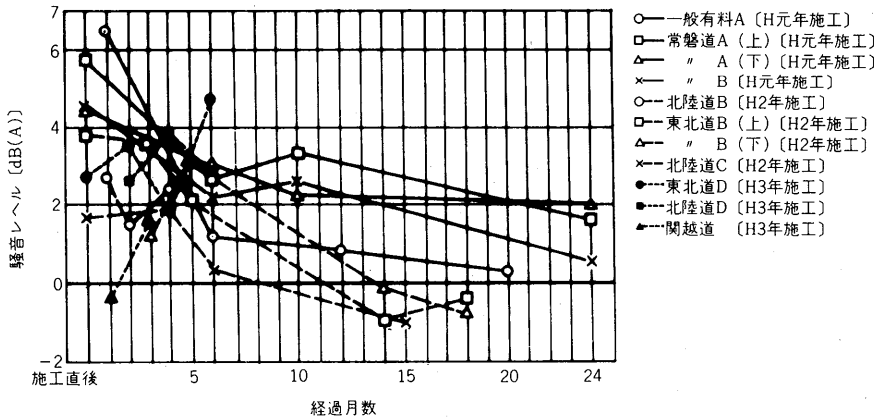
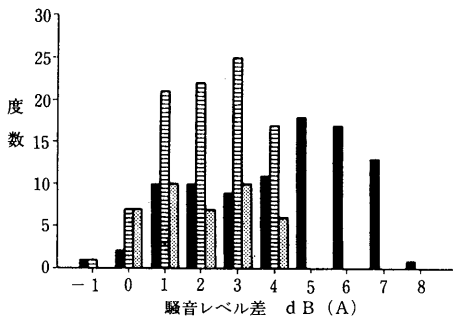


図-35 騒音レベル差の経時変化



	施工直後	5~7カ月後	10~12カ月後
凡例	■	▨	▩
平均値	3.77	1.75	1.24
標準偏差	2.12	1.27	1.60

図-36 騒音レベル差のヒストグラム

ラムを示す。施工直後に平均値3.8 dB (A) であったものが、5～7か月後には1.8dB, 10～12か月後には1.2dBと減少している。

ロ) 騒音の周波数分析

代表的な周波数分析図を図-37に示す。この分析図は、一般有料道路Aのデータで施工直後の騒音レベル差は大きかったが、その後急激にその差が減少したものである。

周波数特性は、交通条件等によりデータのばらつきはあるが、排水舗装は施工直後において、1kHz付近の音圧レベルが顕著に低下する。これは、排水性舗装の空隙によるエアポンピング音発生抑制と吸音との相乗作用と思われる。しかし、半年程度経過すると通常舗装の特性に近づいている。

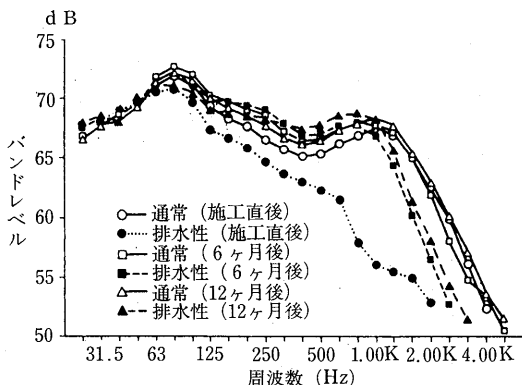


図-37 周波数分析図 (一般有料道路A)

④ 各種タイプの試験施工

各機関において機能の持続性を旨し各種試験研究がなされているが高速道路で以下のような試験施工を実施している。

a) 骨材の単粒化

イ) 粒径を単一化することによって形状が球形に近づき、空隙径も大きくなり目つぶれ、目づまり防止効果の確認のため6号砕石(13～5mm)区間と6号砕石の13～10mmのみの単粒化骨材による排水性舗装の対比。(表-11, No.20, 写真-10)

ロ) 寒冷地の摩耗に対し、硬い骨材の使用の有効性を確認するための転炉鉾滓を用いた排水性舗装。(表-11, No.27)

b) 骨材の飛散目つぶれ、目づまり防止

イ) 路面の摩耗、飛散バインダー材の表層部のひきずりに対する目づまり防止および耐久性の



写真-10 排水性舗装 (追越車線)

(東北自動車道 栃木～鹿沼IC上り)

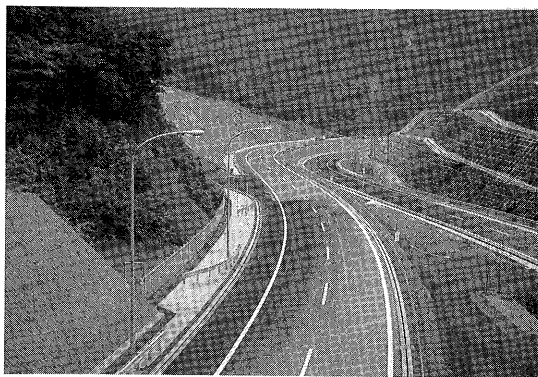


写真-11 排水性舗装 (左水溜りのない箇所)

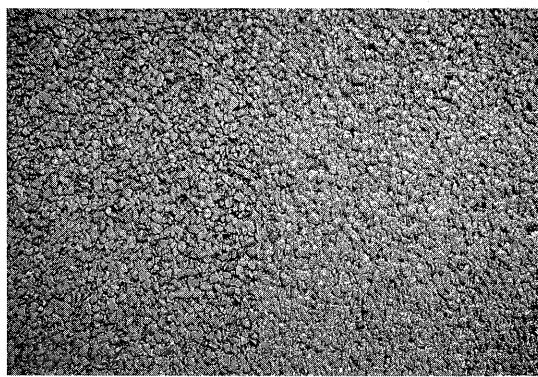


写真-12 同上区間で樹脂とシリカサンド散布(右側)

向上を図るため排水性舗装表面に樹脂とシリカサンドを交互に散布するトップコート排水性舗装。(表-11, No.25, 写真-11, 12)

ロ) 早期の目つぶれ、目づまり防止と耐久性の向上を図るためエポキシ複合バインダー(熱硬化性……ストレートアスファルト70%と2液混合式エポキシ樹脂30%)を使用した排水性舗装。(表-11, No.16)

ハ) 目つぶれ、目づまり防止をアスファルト系からセメント系のインターロッキングブロックによるインターチェンジ料金所付近での排水性舗装。(平成3年度、浜田自動車道)

c) 吸音、動水勾配確保、耐流動等の向上

排水性舗装厚さと吸音効果の影響度、排水勾配を十分とり目つぶれ、目づまり防止、下層への浸水防止と耐流動、耐久性等の向上を図るため、新しい試みとして転圧コンクリート上に表・基層の10cm部を排水性舗装のあるコンポジットタイプの試験施工。(平成4年度山陽自動車道、岩国～熊毛IC、施工済)

このほか空隙率の違い(表-11, No.11, 写真-13) 同一骨材でバインダー材、骨材のトップサイズを変えての並設や植物繊維有無の効果(表-11, No.39, 写真-14)の比較の試験施工を行っている。

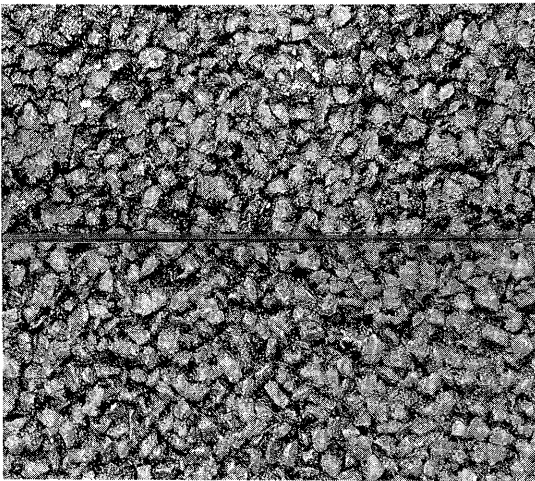


写真-13 骨材粒径をかえた排水性舗装  
(上6号砕石 下10～13mm)  
(四国縦貫自動車道)

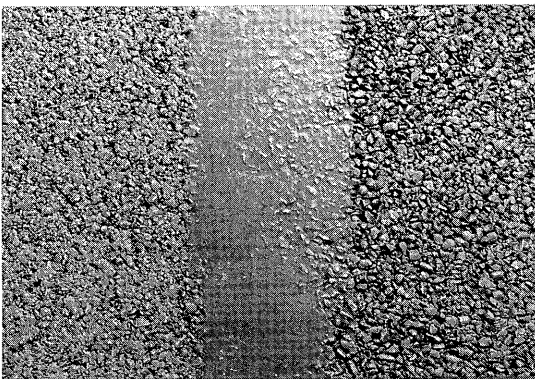


写真-14 空隙率の違いによる排水性舗装  
(左10%, 右15%) (関越自動車道)

### ⑤ 透水機能回復試行

目づまりに対し、ノズル圧50kg/cm<sup>2</sup>、洗浄幅1.08m、洗浄回数4回洗浄作業後の機能回復の程度は図-38に示すように、洗浄効果は認められるが、透水係数10<sup>-3</sup>cm/sec台になると10<sup>-2</sup>cm/sec台への回復は難しい。今後は、吸引式の洗浄機の使用や早期の洗浄時期の設定などの試行が考えられる。

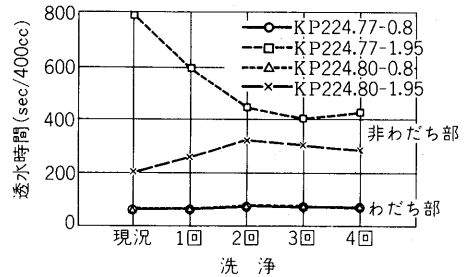


図-38 高圧水による洗浄回復  
(JH仙台管理局郡山(管)平成2年度)

### ⑥ 排水性舗装の技術的課題

現状における排水性舗装の技術的課題と対策は表-13に示す事項が挙げられる。なお、今後の課題として、橋梁上およびトンネル坑口での雨水引込み防止の排水性舗装、ポットホール等の補修法、排水性舗装路面の雪水対策、リサイクリング等がある。

#### 2.2.5 骨材露出工法

現在コンクリート舗装の表面処理工法としては、すべり抵抗性を高めるためにコンクリート版のモルタルにピアノ線等を使用して深さ2～4mm、間隔3～5cmの溝をつけるフレッシュグレーピング工法が採用されている。このフレッシュグレーピング工法による溝は、交通開放後のモルタルの摩耗によって経時的に消滅し、すべり抵抗性が低下するが、コンクリート内部の粗骨材が露出すれば、すべり抵抗性は回復するといわれている。この最終的な粗骨材が露出した路面性状を建設時に形成するのが骨材露出工法にある。本工法は平坦仕上げまたは、ほうき仕上げ完了後に、コンクリート版表面に凝結遅延剤を散布し、20～24時間(11～14時間の施工例もある)経過後にブラシにより表面のモルタル分を2～3mm切削し、粗骨を露出させるものである。ブラッシング施工時期としては、一般的にモルタル表面のシェア硬度(JIS K 6301)(C型)が30～50程度となる時期を目安としている。凝結遅延剤の散布、ブラッシングは、一般に骨材露出工法用に開発された

表-13 排水性舗装の技術的課題と対策

項目	内容	対策
(1) 耐久性	現在施工中の密粒タイプに比較してわだちの進行が早い傾向を示し、混合物の飛散したこともある	①骨材、改質材、配合の研究 ②耐水耐候性の向上（はく離劣化防止） ③構造設計上等値換算係数（ $a_n=1.0$ ）の評価
(2) 排水性	現在のところ1年程度で目詰まりして排水機能が落ちるものが多い	①骨材（粒形、石質、粒度）、改質材（60℃粘度）および配合（空隙率・骨材粒度・かみ合わせ）等空隙率（連続空隙）確保の研究 ②植物等繊維入りの有効性の確認 ③目詰まり・目つぶれ機構の解明 ④高圧水洗浄のほか吸引洗浄および適切な実施時期の検討 ⑤透水性試験以外にもマクロ的評価測定器の開発 ⑥排水勾配を十分確保し、流末設備の設置
(3) 低騒音性	密粒タイプに比べ施工直後7dB程度まで低下しているものもあるが持続しない傾向にある	①同上（①～④） ②通常の騒音測定以外にも減音評価の測定器の開発 ③骨材最大粒径、施工厚さの影響の研究
(4) 経 済 性	密粒タイプに比較して工費が割高である	①経済効果の検討
(5) 耐 摩 耗 性	スパイクタイヤ、チェーンによる摩耗	①硬質骨材（硬軟限界）の使用および配合（空隙率）、改質材（タフネス・テナシティ）の検討
(6) 骨 材 状 況	諸外国に比較して骨材事情が悪い	①硬質骨材（砕石分級ふるい目の縮小）等の検討
(7) 機能性の評価	目つぶれ目詰まりしたものも密粒タイプに比べ視認性が良く、すべり抵抗も向上している	①評価基準の定義と評価法（測定器）の研究
(8) そ の 他	品質管理 タックコートの接着等	①混合物製造、混合物舗設時の温度管理、転圧機種種の選定 ②下層混合物の耐久性のための不透水層および排水層付着の健全性

遅延剤散布機、骨材露出機を使用して施工されている。本工法での仕上り路面を写真-15に示す。

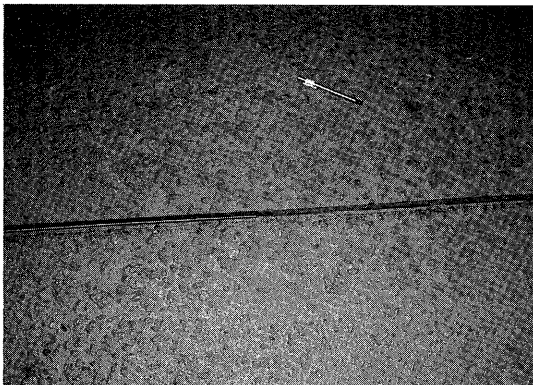


写真-15 骨材露出工法路面（上深さ3mm、下5mm）  
（四国横断自動車道 法皇トンネル）

### (1) 高速道路における骨材露出工法

高速道路における骨材露出工法は表-14に示すように九州自動車道田上トンネルで国内で最初の本格的な施工が始まった。しかし、人力による水洗いで骨材露出工法はこの一例だけでその後は水を全く用いない骨材露出工法が主流となっている。その施工は全てト

ネル内の施工となっている。各施工箇所のコンクリートの配合、路面性状は表-14に示しているが、フレッシュルーピング工法と骨材露出工法の比較についてこれまでに行われている追跡調査結果に基づき紹介する。

#### ① 九州自動車道福智山トンネル（骨材露出工法）と金剛山トンネル（タイングルーピング工法）

両トンネルは昭和63年供用した隣接し、3年間に亘って追跡調査を実施しており、その追跡調査の結果は

##### a) 粉じん

CaO量は、各々のトンネルに設備されている電気集塵から粉じんを定期的に回収し、化学分析を行い粉じんに含まれるセメント分（以下CaO）を計量して求める。

両工法のCaO量を単位延長当たりで比較すると、図-39に示す月別CaOの単位延長当たり発生量は、供用初期の段階では、両トンネル間に殆ど差はないがその後の冬から春への期間で顕著な差が現れている。また、図-40に示すように累加交通量の増加に伴って粉じん量の両工法の差は増大し、骨材露出工法が少ない。

表-14 骨材露出工法施工一覧表

No	施工箇所	施工年月	延長 (m)	施面積 (㎡)	骨材の サイズ (mm)	工法	源延割合 骨材 : 水 = 1 : 2	フラックまで の時間 (時間)	品質管理		セント kg/㎡	ホセム W/C (%)	s/a (%)	備考
									BPN	モルタル表 面シフト硬度				
1	九州道 田上トンネル (上下)	S61.9 6.1~6.7 (上下)	上り 300 (下り) 880	-	20 40	水洗	-	-	-	Top20 300 Top40 (280)	54.7 47.9 (53.6)	40 34.5 (39)	・国内で最初の本格 ・国内施工 ・洗い出し人力仕上 ・内下り ・上り 300mmの内 Top20が 150mm	
2	九州道 小野トンネル (上下)	S62. 6~7	460 (上り) 440 (下り)	-	20	"	-	-	-	280	53.6	39	・洗い出し人力仕上	
3	九州道 福岡山トンネル (上下)	S62. 6~7	3,589 (上り) 3,596 (下り)	-	40	ドライ	200	-	-	280	48.2	36	・ブラシによる機械 仕上げ	
4	九州道 福岡山トンネル (暫定2車)	S63.2	1,273	-	40	"	原液 80g/㎡	24	50程度	280	46.8	35	"	
5	九州道 肥後トンネル(暫 定2車六代目)	H元, 1~2	3,000	21,000	40	"	1:4 200	-	30程度	280	44.6	34	"	
"	九州道 肥後トンネル(暫 定2車八代目)	"	3,340	-	40	"	-	-	30程度	280	42.9	32	"	
6	無錫道 黒谷トンネル (暫定2車)	H2, 9~12	1,455	10,185	40	"	200	-	40程度	300	42	31	"	
7	無錫道 真倉トンネル (暫定2車)	"	669	4,683	40	"	200	-	"	300	42	31	"	
8	四国自動車道 関越トンネル (上り、橋梁側)	H2, 6~7	5,515	39,000	40	"	198	19~20	40.7	270	45.6	35	"	
"	四国自動車道 関越トンネル (上り、水上側)	H2, 6~8	5,530	39,940	40	"	200	22	30~40	270	46.7	34	"	
9	四国自動車道 宇野トンネル (暫定2車)	H3, 3	3,123	22,060	(20) 40	"	198 (原液66 cc/㎡)	18~22	(1.5~2.5) 2.1~2.6	298 ~ 313	47	35~36	・試験施工3工区 ・ブラシによる機械 仕上げ	
10	四国自動車道 宇野トンネル (暫定2車 高知側)	H3, 4~5	1,551	11,725	40	"	" (原液66 cc/㎡)	"	30~50	306	44.1	34.6	・ブラシによる機械 仕上げ	
"	四国自動車道 宇野トンネル (暫定2車 高知側)	H3, 3~4	2,150	16,094	40	"	198 (原液66 cc/㎡)	18~22	30~50	280	48.2	33	"	

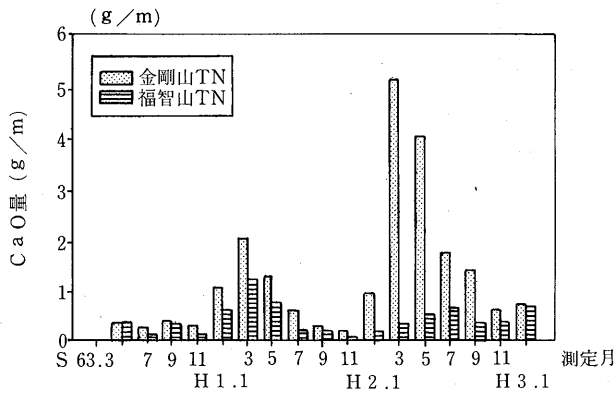


図-39 月別CaO量

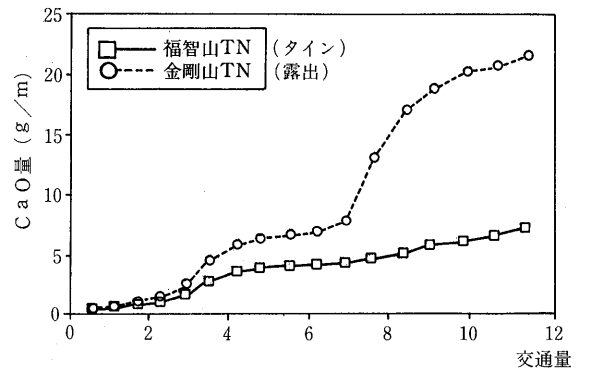


図-40 交通量-粉じん (CaO) (×1000000)

b) すべり抵抗

すべり抵抗値の経年変化を図-41に示すように供用後約40か月時の路面状態を比較するとグループビング工法の上り線が高くなっているが、他は同程度の値を示している。

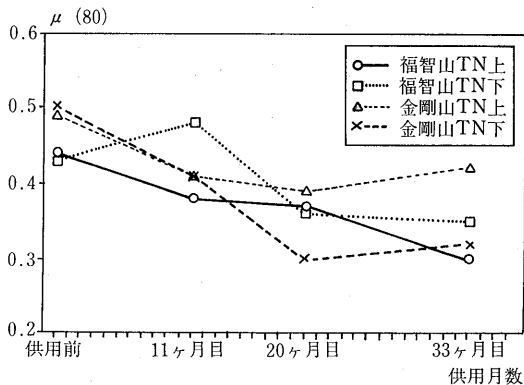


図-41 すべり抵抗値 (経年変化)

c) 騒音

騒音の経年変化を図-42に示すように、測定がトンネル内ということで反響音の影響により

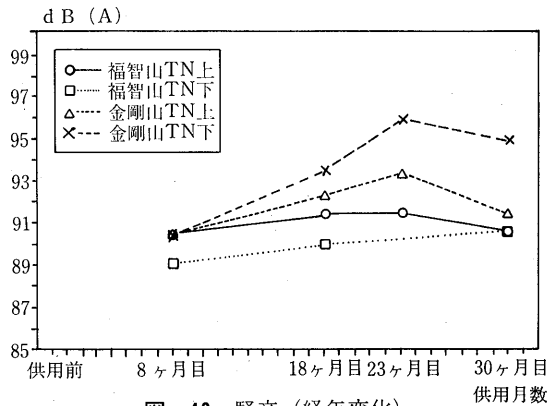


図-42 騒音 (経年変化)

多少の誤差があると考えられるが、目安としての判断とすると、エンジン音の寄与の小さい下り勾配の下り線は30か月目で4.3db露出工法が低い値を示しているが上り勾配の上り線では0.9dbに止まる。また、両トンネル周波数特性は図-43に示すように800~1000Hzの周波数帯に顕著な差が生じている。このことはタイングルーピング特有の金属音の騒音がないことにも関係しているものと考えられる。

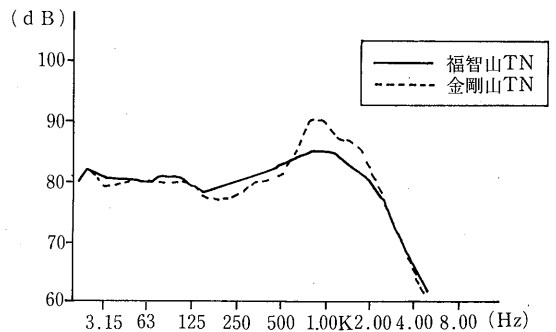


図-43 周波数特性図

3. 既設道路への舗装技術の対応

3.1 路上表層再生工

昨年10月「再生資源の利用の促進に関する法律」が施行され、建設発生材を抑制する路上表層再生工は、現位置で再生利用することを特徴とする優れた技術であり、地球環境保全等の面からも時代にマッチした工法である。

路上表層再生工に関する研究は昭和53年から着手し、昭和56年試験施工が開始された。昭和56年には日本道路協会から「路上再生工技術指針(案)」が発刊され、JHにおいても、本工法の最大の利点といわれた経済性に着目し、昭和56年東北自動車紫波~盛岡南 I C間の



試験施工を実施するなど研究を行ってきた。路面をかきおこし、整形後新規混合物を上層に補うリペーブ方式は昭和60年より正式工法として導入し、すでに確立された修繕工法となっている。さらにこれを補うため損傷を受けた路面に再生添加剤を加え、不足材を混合し敷均すりミックス方式について昭和60、61年の日光宇都宮道路における試験施工結果等に基づき昭和63年に「路上表層再生工施工の手引き(案)」を作成し、平成元年に一部修正して導入を図っている。以下にJHでの取組みについて述べる。

### 3.1.1 リペーブ工法及びリミックス工法の施工状況と取組み

JHにおけるリペーブ工法とリミックス工法の施工実績は平成元年度にそれぞれ約120万㎡、10万㎡とピークを示したが、その後減少傾向にある。なお、平成3年度のオーバーレイ、切削オーバーレイ工事などの補修工事に占める割合は、リペーブおよびリミックスがそれぞれ約10%、0.1%となっている。

#### (1) リペーブ工法

リペーブ工法による補修工事は寒冷地の摩耗わだち掘れなどに対し積極的に施工されてきたが、最近施工数量が減少している。これは、すでに流動を起こしている区間でのリペーブでは早期に流動わだち掘れが起きることや新材15mmを補充することが困難になった区間の増加、針入度40以下の路面が多いことなどが挙げられる。

#### (2) リミックス工法

リミックスによる施工のうち、昭和63年度から平成元年、2年度にかけ13道路25箇所を追跡調査を実施した結果、

- ① すでに改良に至っているものが約20%あるが大半は切削オーバーレイやリペーブで施工した隣接部と比較してわだち掘れなどの路面性状は同程度で、昭和63年度に施工した重交通路線(1箇所)もまだ異常は認められない。
- ② 耐流動性の高い混合物を要求する場合、追加新材による粒度調整が必要となる。リミックスの利点の一つである粒度改良を実施した2箇所のうち1箇所は施工後間もなく飛散した。このリミキサーの混合能力を確認するため追加新材の骨材の一部(6、7号碎石)に明色材(シノパール)を使用し舗設後コア採取しその分散状況を確認した結果、現場で一般の「2軸パグミルミキサー」での既設材と新材の混合は完全とはいえ、当面極端

な粒度改良を避け、新材の粒度はそれ自体で基本範囲にはいるものとする必要がある。

- ③ 施工月による施工時の気温が締固め不足などの影響による損傷の差は10~11月の施工10箇所あるが、他の5月以降の施工17箇所との差みられない。しかし、気温の低い時期の施工では加熱、混合、転圧段階の温度管理が必要である。
- ④ 添加材、地域などの違いによる差は認められない。

#### (3) 今後の課題

リサイクル法の趣旨からも路上再生工を積極的に推進するため流動わだち掘れ箇所への適用も可能なようにリミックス工法での粒度改善法、硬化剤・改質材と散布法の確立、路上再生表層工の可能回数、簡易な事前調査法など積極的に取組む予定であるが、一方練り混ぜ性能、路面加熱など効率的な機械の改良・改善も望まれる。リミックス工法の施工状況を写真-16に示す。

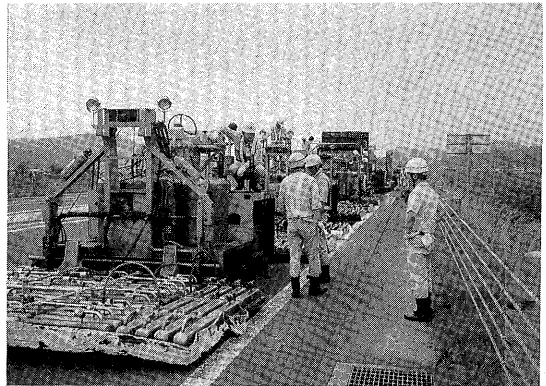


写真-16 路上再生表層工(リミックス工法)

## 3.2 工事渋滞対策

### 3.2.1 維持管理費用等

高速道路は、昭和38年7月に名神道栗東~尼崎間71kmが初めて開通以来30年を経て、現在37路線5,116kmの道路管理延長となっている。

開通以来高速道路は、幹線輸送路として国民生活、産業、経済の発展に大きく寄与しているが、近年においては、交通量の増大、車両の大型化、道路の経過年数等に起因し道路の損傷や老朽化が進んでいるため道路機能を保全する維持管理業務も年々増加し、予算額も平成4年度2,114億円(舗装改良費用は約11%)に達している。

特に重交通路線においては、頻繁に発生する自然(67

%)、工事 (16%)、事故 (15%) 等の交通渋滞で社会的に与える影響も大きく深刻化している。中でも工事渋滞に対する社会的批判が強く、お客様サービスの観点からも工事渋滞の削減対策が望まれている現状である。

### 3.2.2 集中工事等の渋滞対策

#### (1) JHの工事渋滞対策

高速道路等の走行の安全と快適性を保持するための維持補修工事は、通常平日昼間の時間帯で車線の一部を閉そくする車線規制等で工事を実施しているが、利用交通量の増加に伴う工事渋滞対策として、各IC間の交通特性に合せ、交通量の少ない曜日時間帯を厳選考慮した「施工時間帯厳選工事」や「夜間工事」の実施、さらには、特定の期間内に大半の工事を昼夜連続車線規制や通行止めにより集約化して行う「集中工事」や「夜間通行止め工事」を採用し、工事渋滞発生を回避するとともに合わせて広報、情報提供の充実を図り、お客様等のご協力を得て、工事渋滞の削減に努めているところである。

平成4年度においては、実施時期を春季と秋季に分けて表-15に示す道路で集中工事、夜間通行止め工事等を実施および計画している。

#### (2) 集中工事等の期間と実施時期

集中工事等に必要の日数は、工事内容と量(表-16)で定まるが、期間の設定にあたっては、社会的影響、労務就労等に対する考慮、迂回路および接続道路等との調整、交通変動、天候など総合的な判断から決定(1~2週間程度の期間)している。

また、各道路における実施時期は、国民的な祭典の

表-16 工事概要

工種	単位	東京第一 管理局	名古屋 管理局	合計
舗装改良工事	m <sup>2</sup>	694,000	161,000	855,000
橋梁床版 改良工事	増厚	m <sup>2</sup> 8,000	—	8,000
	打替	m <sup>2</sup> 510	—	510
	防水工	m <sup>2</sup> —	3,300	3,300
伸縮装置取替 工事	ゴム	箇所 38	46	84
	鋼製	箇所 9	29	38
防護さく改良工事	m	15,600	10,400	26,000
遮音壁設置工事	m	3,300	—	3,300
標識改良工事	基	23	25	48
土木(維持・事故)	式	1	1	1
施設(維持・事故)	式	1	1	1
東名改築工事	式	1	—	1
跨高速道路橋撤去・ 架設	橋	9	2	11
その他	式	1	1	1

行事日程等の加味、広域的な道路網を意識した迂回路の確保(東名道と名神道と中央道については、ラップしない工程)の調整や、過去における実績や周知度から決定している。

なお、夜間通行止め工事の時間帯設定は、時間交通量、安眠時間(騒音、振動の発生する工事の制限時間との調整)、通行止め区間の延長(通行車両の排除時間と交通開放時の安全確認時間)、施工後の品質確保時間および前年度までの苦情等を勘案し、一般的には、夜8時から翌朝6時までの10時間の中で、通行止め~工事~交通開放のサイクルで実施している。

#### (3) 広報等

集中工事等の実施に際しては、道路を利用されるお

表-15 平成4年度 集中工事・夜間通行止め工事実施区間

道路名	区間	延長(km)	工事期間	規制方法	実施年度
東名	東京~小牧	339.8	10月22日~10月30日(9日間)	車線規制	S63年度より実施
中央道	高井戸~八王子	25.8	10月5日~10月8日 10月12日~10月16日(9日間)	車線規制	S63年度より実施
名神	小牧~栗東	118.5	5月26日~6月1日(7日間)	車線規制	名神リフレッシュ工事としてH3年度より実施
名神 近畿道	栗東~豊中 吹田~摂津北	66.4 4.5	11月4日~11月17日(13夜間)	夜間通行止 (20時~翌6時)	S45年度より実施
西名阪	松原~天理	27.2	10月12日~10月20日(8夜間)	夜間通行止 (20時~翌6時)	H4年度より実施
第二神明	月見山~明石西	24.3	10月24日~11月3日(10夜間)	夜間通行止 (21時~翌6時)	S52年度より実施
東名	厚木IC(東京方面からの流出ランプのみ開放)		①11月14日~11月15日(13hr) ②12月5日~12月6日(13hr) ③12月12日~12月13日(10hr)	夜間通行止 (18時~翌7時) (20時~翌6時)	
横浜新道	新保土ヶ谷 ~戸塚	5.8	9月20日~9月21日(7hr)	夜間通行止 (22時~翌5時)	

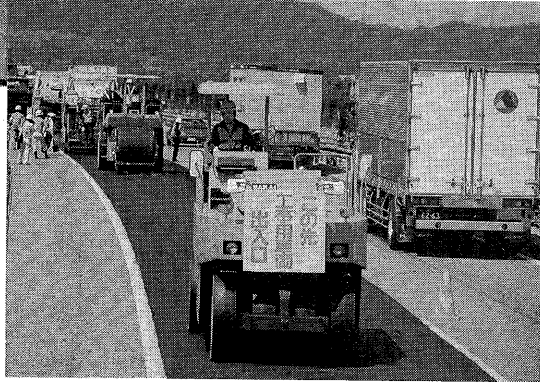


写真-17 舗装改良工事

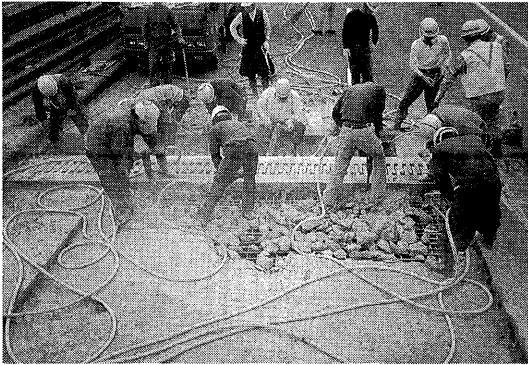


写真-18 橋梁床版改良および伸縮装置取替

お客様をはじめ道路沿線住民の方、各交通関係機関等に対する広報は重要であり、表-17、18に示す項目で広域的かつ効果的な広報を実施し、交通混雑が予想される高速道路等の利用時間帯の変更とともに、なるべく期間中のマイカー等のご利用は、お控え下さるようお願いしている。

また安全対策としては、渋滞後尾警戒、夜間規制資材および標識等の視認性向上、仮設注意喚起プレートの設置、突発事故への対応（携帯電話の携行、非常駐車帯の設置）等の実施と、東名道の一部の重点区間において、追越車線規制時に路肩利用を実施し渋滞の低減を図っている。

#### (4) 効果

集中工事等による効果を試算すると、定期および緊急的な作業等を除いた工事規制回数と比較すると概ね60%削減でき、工事額は年間車線規制工事額の約65~80%の執行となり、連続集中的に工事を実施することによる工事渋滞の減少について、東名道の場合、昭和62年度（実施前）と平成2年度を比較すると、工事量の増加にも係わらず全渋滞件数の比率が、約30%から約17%に減少している。

なお集中工事等の実施は、お客様への迷惑のデメリットはあるが、作業の安全性の確保、作業効率の向上（1規制当りの舗装改良施工面積の増）、施工品質管理の向上等のメリットも上げられる。

#### (5) 課題等

集中工事等の計画策定は、1年前から過去の経験を踏まえ詳細かつ綿密な計画と検討が重要である。

年々工事量も増加している中、短期間でしかも集中した作業となるため、労働力（東名道の場合、1日当たり約5000人）、機械力（東名道の場合、1日当たり約1500台）の確保が近年ますます難しい情勢となっていることや、これら渋滞対策工事による渋滞削減効果にも限界があると思われるが、今後も集中工事に関するお客様のアンケート結果（図-44）等も踏えて、お客様や沿道地域の住民の方等のご理解ご協力を得るとともに

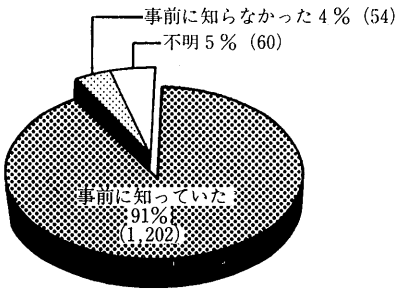
表-17 広報の流れ

広報手段	7月	8月	9月	10月
1. 記者発表			9月上旬 ▼	
2. ポスター	▼	原稿, 印刷	▼▼	▼
3. チラシ	▼	"	▼▼	▼
4. 新聞広告			▼	▼-▼
5. ダイレクトメール			▼	
6. ラジオ			▼	▼
7. テレビ			▼	▼
8. 日本道路交通情報センター			工事予告 (集中工事, 通行止) 工事中情報 ▼	▼
9. ハイウェイラジオ			▼ "	▼ "
10. トンネル内ラジオ再放送			▼ "	▼ "
11. 広域情報板			▼ "	▼ "
12. 横断幕, 懸垂幕, 立て看板	▼	製作期間	▼▼ "	お礼 ▼
13. 地方自治体等広報誌	▼ JAF誌打合せ	調整. 依頼	神奈川県, 静岡県, 愛知県 ▼	▼
14. 関係機関への協力依頼		警察, 関連団体, 行政機関, その他 (ポスター, チラシ, 依頼文書等)		▼

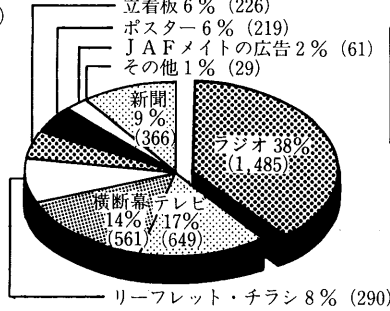
表-18 広報概要

広告メディア	発行部数	備考
ポスター	10,200枚	料金所, S.A. P.A.
ダイレクトメール	5,000枚	別納制度利用客及び運輸関係団体に配布
横断幕 (オレンジ色)	198枚	
立看板	263箇所	
懸垂幕	52枚	
テレビスポット	150スポット	関東地区5局, 静岡地区4局, 中部地区5局
ラジオスポット	300スポット	関東地区3局, 静岡地区1局, 中部地区3局
新聞広告	9紙	読売, 朝日, 毎日, 日経, 産経, 東京中日, 東京, 神奈川, 静岡
J A F メ イ ト	約 700万部	

① 実施前に集中工事を知っていましたか？



② 事前に知っていた場合、何で知りましたか？



③ 従来の工事方式と集中工事方式では？

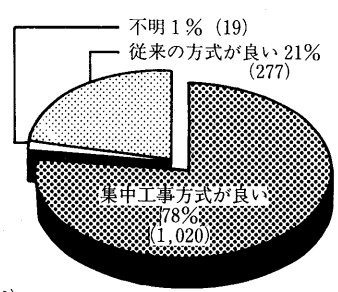


図-44 集中工事に関するお客様のアンケート

関係機関者のご協力を得て、さらに広域的な全体ネットワークを考慮した集中工事等の実施方法をさらに検討し工事渋滞の削減に努めていきたい。

#### 4. あとがき

お客様の舗装に求める安全快適性のニーズの多様化・高度化、地球環境、省資源、労働力不足、高齢化、過酷な交通・気象条件などに対し、舗装の建設・管理の

コスト低減を念頭に省力化、合理化に向けて新材料・新工法の技術開発が要請されている。このため道路管理者、施工業者、材料メーカーの技術の結集を図っていくことが重要である。

今後、最適な舗装設計・耐久性のある舗装の施工、適切な維持修繕計画を決定するライフサイクル、サイクルの舗装マネジメントシステムの確立を図っていく予定である。

#### — 参考文献 —

- 1) 日本道路公団：設計要領第一集（第2編舗装一部改訂），（1992.4）
- 2) 森，金田，新留：舗装の層構成と流動わだち掘れ，舗装Vol25，No.2（1990.2）
- 3) 飯尾，森下：合成（コンポジット）舗装の試験施工（山陽自動車道），舗装Vol27，No.9（1992.9）
- 4) 村瀬，森下：合成舗装の試験施工（設計法に関する基礎研究），第19回日本道路会議一般論文集（1991.10）
- 5) 日本道路公団：コンクリート舗装に関する試験報告書（1991.3）
- 6) 佐藤，後藤：半たわみ性舗装追跡調査結果（3年後），日本道路公団第34回業務研究発表会論文集（1992.6）
- 7) 北野，毛利，仙石：半たわみ性舗装の試験施工について，日本道路公団第34回業務研究発表会論文集（1992.6）
- 8) 太田，木本：半たわみ性舗装追跡調査について，日本道路公団第33回業務研究発表会論文集（1991.6）
- 9) 関：トンネル内の半剛性舗装（上），舗装Vol23，No.11（1988.11）
- 10) 徳増，吉野：四国縦貫自動車道におけるRCCPのトンネルへの適用，日本道路公団第33回業務研究発表会論文集（1991.6）
- 11) 徳増，館沢，井口：高速道路におけるRCCPの表面適用試験舗装《四国縦貫自動車道・生子山トンネル》，道路とコンクリートNo.91（1991.3）
- 12) 青木，鶴窪，永関：高速道路における排水性舗装の室内試験と供用性調査，舗装Vol27，No.8（1992.8）
- 13) 青木，鶴窪：排水性舗装の現況（主として高速道路），舗装Vol27，No.7（1992.7）
- 14) 新川，伊藤：コンクリート舗装の表面処理方法について（粗骨材露出工法の追跡調査結果について），第19回日本道路会議一般論文集（1991.10）
- 15) 出口，鎌田，矢原：コンクリート舗装の骨材露出工法における試験施工について，第19回日本道路会議一般論文集（1991.10）
- 16) 藤田，荒川，伊藤：コンクリート舗装の新しい表面処理工法（その施工から追跡調査結果まで），日本道路公団技術情報No.102（1990.4）
- 17) 鶴窪，鯉坂，梶：大分自動車道における骨材露出工法によるセメントコンクリート舗装の路面仕上げについて，日本道路公団第31回業務研究発表会論文集（1989.6）

# 首都高速道路公団における 舗装技術の現況と新たな取組み

中島 拓\*

## 1. まえがき

首都高速道路は、昭和37年12月に高速1号羽田線の1部、4.5kmを供用して以来30年を経過し、現在の供用延長は約220kmである。構造種別ではその約85%が高架構造であり、舗装は橋面舗装が殆どを占めている。図-1に首都高速道路の道路網を示す。

現在では1日当たりの通行台数が110万台を超え、交通利用台数の増加に車両の大型化、重量化も加わって舗装の破壊が近年著しくなっている。平成3年度には約40万㎡を打換えているが、その殆どがわだち掘れによるものである。

## 2. 舗装基準の変遷

首都高速道路公団では、昭和42年3月に「舗装設計基準」を始めて設け、高架橋における舗装構成を標準化した。この基準における表層材料は、「標準舗装」としては「密粒アスコン」を、「すべり止め舗装」として「開粒アスコン」がそれぞれ用いられていた。しかし供用年数の経過とともに密粒アスコンではわだち掘れが発生し、一方、開粒アスコンでは剥奪飛散が生じて供用性が低下することとなった。

首都高速道路公団における舗装設計基準の変遷を表-1に示す。現行では舗装厚8cmとなっているが、過去においてはその時々的情勢によって、各種の舗装厚さが出現している。

## 3. 舗装破壊原因の検討

昭和51年度の高速7号小松川線にお

ける舗装点検結果では、打換え基準である路面ひび割れ率が20%を超える割合は全体の0.1%に過ぎず、一方わだち掘れ量が20mmを超える箇所は約25%に及んでいた。また実際に打換え補修を行った箇所の約80%はわだち掘れが、その打換え理由であった。この時の状況を図-2に示す。

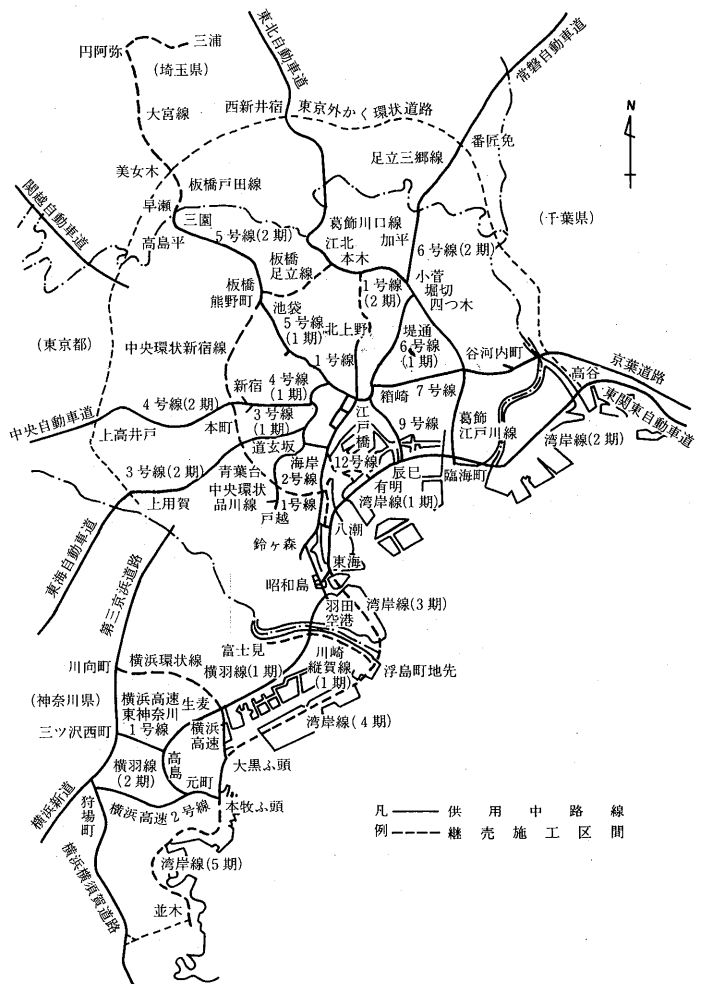


図-1 首都高速道路網図

\*なかじま たく 首都高速道路公団湾岸線建設局次長

表-1 舗装設計基準の変遷

高架橋舗装（コンクリート床版） の設計基準等の名称	標準舗装		すべり止め舗装		適用
	表層	レベリング層	表層	レベリング層	
(昭和41年制定の基準以前)	グース25mm厚 (プレコート チップ付)	修正トベカ 25mm厚 S T 60/80	—	—	S 37年1号線（芝浦海岸通り ～京橋付近）
同上	40mm厚 S T 60/80	40mm厚 S T 60/80	—	—	S 37年に施工
舗装設計基準 (S 41)	密粒 30mm厚 S T 60/80	粗粒 50mm厚 S T 60/80	開粒 30mm厚 S T 60/80	密粒 50mm厚 S T 60/80	
基準外 軽量コンクリート床版部	密粒 30mm厚	粗粒 30mm厚	—	—	7号線軽量コンクリート床版 (2cm舗装をけずり、その分 を床版の増厚にあてる)
高架橋舗装設計施工基準 (改訂原案) (S 51)	粗粒ギャップ 30mm厚 S T 60/80	粗粒 50mm厚 S T 60/80	粗粒ギャップ 30mm厚 ゴム入り	密粒 50mm厚 S T 60/80	
舗装設計施工基準 (高架橋・隧道編) (S 53)	粗粒ギャップ 30mm厚 S T 40/60	粗粒 50mm厚 S T 40/60	—	—	現在舗設されている一般的な 仕様
高架橋等の舗装に関する調査研究 (平成60年度) 報告書	粗粒ギャップ 30mm厚 A C - 100	粗粒 50mm厚 S T 40/60	—	—	H 3年度7号線全止め舗装補 修工事で初めて使用

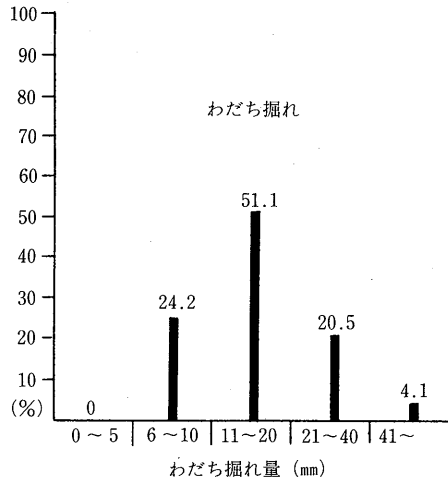
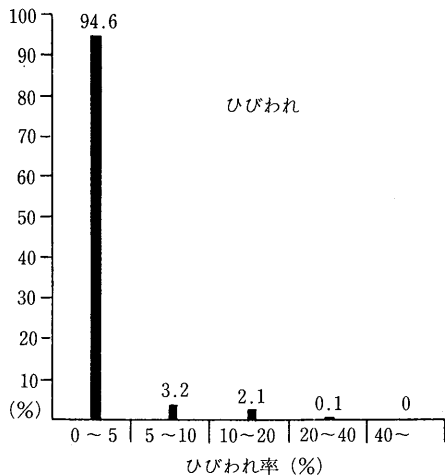


図-2 7号線ひびわれ及びわだち掘れ構成比

わだち掘れを発生させる原因としては、温度条件、交通条件（走行速度、重量、交通量）、構造条件（床版、桁など）、線形条件（直線曲線）、施工条件（施工時期、施工会社）が要因として考えられ、これらの要因と補修との関係について同様に7号線で検討した。その結果、交通条件では、下り線の重量が測定不可能のため検討できなかったが、走行速度と補修率の間にはかなりの相関が推定された。それを図-3～図-5に示す。なお、縦軸の「補修率」とは調査区間にお

る（区間補修面積の累計/区間全面積の累計）であり、○印に付された番号は各調査区間を表している。

また温度条件は、調査区間では一律同じであると考えて検討対象から除外し、構造条件、線形条件、施工条件に関しては定性的結果が得られなかった。

昭和53年度に数量化理論Ⅱ類を用いて舗装破壊に影響する要因について解析を行った。表-2に外的条件を示す。また数量化理論の適用に当たっては、各アイテムの独立性が望まれるので、比較的相関性の高い交

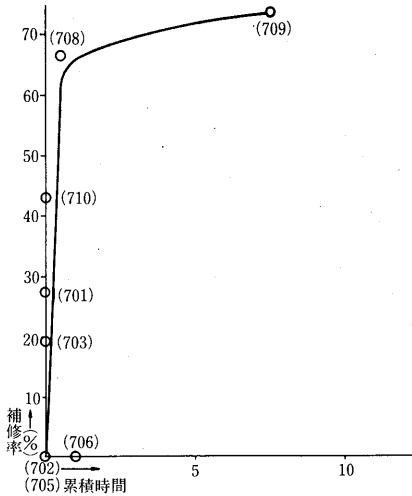


図-3 20 km/H未満の累積時間と補修率の関係

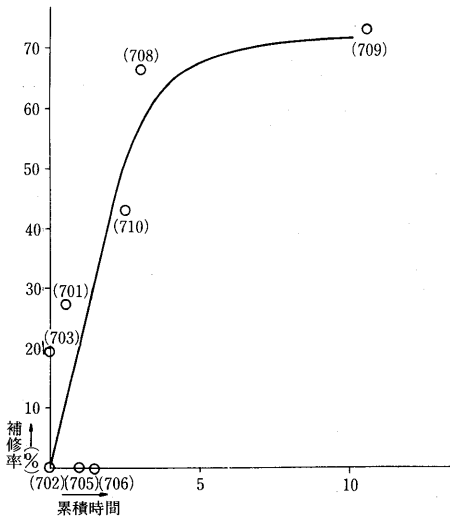


図-4 30 km/H未満の累積時間と補修率の関係

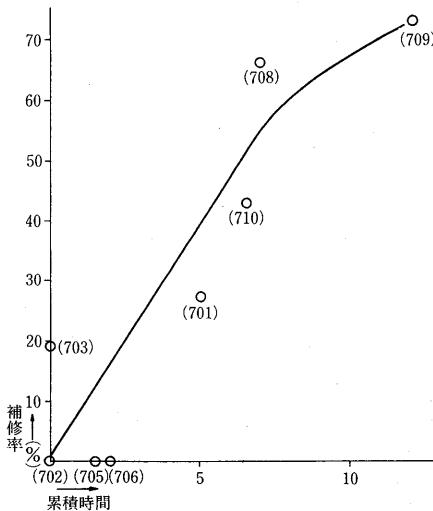


図-5 40 km/H未満の累積時間と補修率の関係

表-2 7号線の舗装破壊に影響する外的条件

項目 (アイテム)	カテゴリー
交通条件 ・車種別交通量 ( $X_1$ ) ・軸重分布 ・車線別 5 t 換算輪数 ・渋滞時における車両の走行状態 ( $X_2$ )	累積交通量 } または累積大型車交通量 20km/h以下の累積時間 3カテゴリー { 0時間 { 0~1時間 { 1時間~
線形条件 ・縦断勾配 ( $X_3$ ) ・横断勾配 ・曲率半径 ( $X_4$ ) ・舗装巾員 (拡巾部含む) ・車線数 ・路肩巾員	} 3カテゴリー { ~-0.3% { -0.3%~ 0.3% { 0.3%~ } ので削除 } 3カテゴリー { 直線 { 540m~ { 540m以下 } 曲率半径に従属する } ので削除 } 全線に渡り一定なので削除
環境条件 ・気温 ・路面温度 ・凍結	} 全線に渡りほぼ一定 } であると考え削除
構造条件 ・桁種別 ( $X_5$ ) ・ジョイント間隔 ( $X_6$ )	} 3カテゴリー { 鋳床版 { 鋼箱桁 { 鋼I桁 } 2カテゴリー { 単純桁 { 連続桁
床版条件 ・残留キャンバ、不陸による床版の平坦性	} 全線に渡りほぼ一定 } であると考え削除
舗装条件 ・舗装厚 ・舗装材料	} 2カテゴリー { 6 cm { 8 cm } 全線に渡りほぼ一定 } であると考え削除
施工条件 ・施工時期 ・施工方法 ・舗設温度 ( $X_7$ )	} 全線に渡りほぼ一定 } であるので削除 } 5カテゴリー { A工区 { B " " { C " " { D " " { E " "

通量を除くこととした。表-3に解析の対象としたデータのまとめを示す。なお、検討に際しては、

- ① 出入路のデータは削除する。
- ② 構造条件については、鋼床版の区間が2箇所と余りにも少ないので削除する。
- ③ 横断勾配について、調査区間の両端で異なる場合は平均値とする。

④ 各区間とも、走行車線、追越車線を含めて、その



表-3 解析の対象としたデータのまとめ

アイテム	カテゴリー	データ数	補修回数		
			0	1	2
渋滞時間 (X <sub>2</sub> )	0時間	221	134	85	2
	0~1時間	122	1	78	43
	1時間~	23	1	7	15
縦断勾配 (X <sub>3</sub> )	~ - 0.3%	109	57	36	16
	- 0.3% ~ 0.3%	152	63	56	33
	0.3% ~	105	16	78	11
曲率半径 (X <sub>4</sub> )	直線	308	1119	134	55
	540m~	32	6	24	2
	540m以下	26	11	12	3
桁種別 (X <sub>5</sub> )	鋼箱桁	20	5	13	2
	鋼I桁	346	131	157	58
ジョイント間隔 (X <sub>6</sub> )	単純桁	348	133	158	57
	連続桁	18	3	12	3
施工工区 (X <sub>7</sub> )	A工区	104	28	68	8
	B "	106	50	28	28
	C "	80	19	39	22
	D "	76	39	35	2
ランプよりの距離 (X <sub>8</sub> )		531752.47	163946.06	262514.71	105291.70

平均値とする。

⑤施工条件については、施工工区単位で分類する。

表-4に解析結果を示す。この結果から20km以下の累積時間、言い換えれば交通渋滞による影響が極めて大きいことがわかった。

表-4 解析結果

アイテム	相関係数
渋滞時間 (X <sub>2</sub> )	0.704
施工工区 (X <sub>7</sub> )	0.262
曲率半径 (X <sub>4</sub> )	0.120
距離 (X <sub>8</sub> )	0.119
縦断勾配 (X)	0.095
ジョイント間隔 (X <sub>6</sub> )	0.076
桁種別 (X <sub>5</sub> )	0.008

4. 交通渋滞の推移

上記から舗装破壊に与える大きな要因が渋滞であることが判明した。図-6に交通渋滞の推移を示す。なお、首都高速道路における「渋滞」の定義は「時速20km以下で、かつ車列延長が1.5km以上に達した状態が30分以上継続した場合」を言っている。

この表から、渋滞回数はマクロ的にみればほぼ年度とともに直線的に増加しており、舗装のわだち掘れが

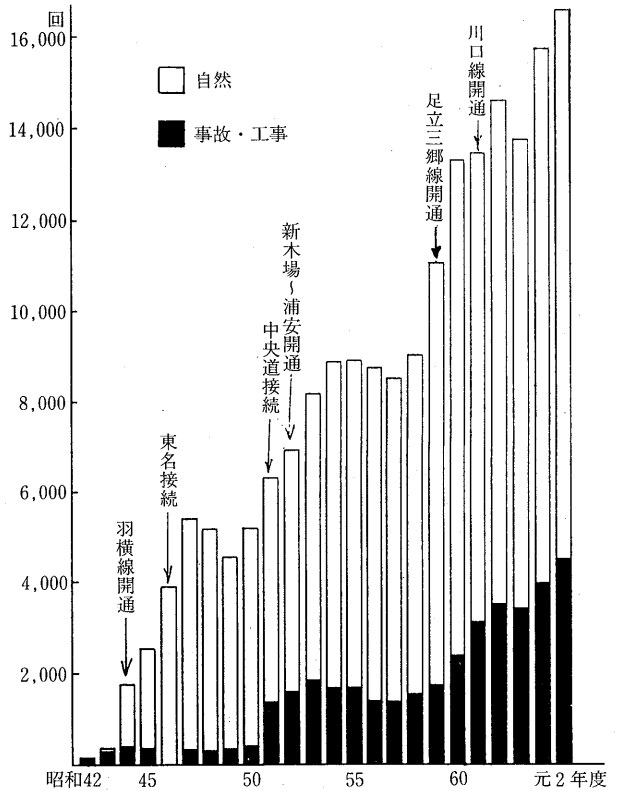


図-6 年度別渋滞発生状況 (原因別)

ますます発生し易い状況下におかれている事が推定出来る。

### 5. 粗粒ギャップ粒度の開発

上記の状況を受けて、昭和47年から耐流動、耐剝奪飛散、耐すべりに富む表層材料の開発に着手し、図-7に示す密粒アスコン、開粒アスコン、密粒ギャップ4種類の合計6種類の粒度を選定し、さらに各種のバインダーを用いて室内試験を実施した。その結果をまとめたものが表-5であり、各要求性能についてバランスのとれた混合物としては、密粒アスコン、密粒III型、密粒IV型であった。特に耐流動を考慮する場合には密粒ギャップIV型が最適となった。

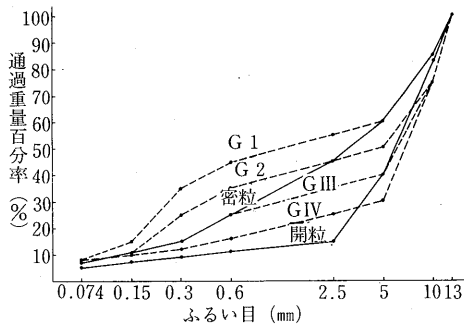


図-7 試験に用いた粒度曲線

表-5 要求性能と混合物種との関係(昭和47年度室内試験)

要求性能 混合物種	耐流動	耐剝脱 飛散	耐すべり	耐水性	施工性
密粒アスコン	○	△	○	○	○
密粒 ギャップ	I型	△	×	○	○
	II型	△	×	○	○
	III型	○	○	△	○
	IV型	◎	○	○	△
開粒アスコン	◎	×	○	×	△
評価方法	ホイール トラッキング (WT)	フレッテ ング	WTのト ラバース とポリッ シング	水浸マー シャル	-

注) ◎:非常に良い, ○:良い, △:やや問題あり, ×:問題あり

昭和48年度では、密粒アスコンと密粒IV型を選定し、バインダー5種、添加材3種を組み合わせた18種の混合物にたいしてジャイレトリ試験を追加して室内試験を行った。その結果、耐流動については(密粒ギャップIV型+S T 40/60)が良好であり、剝奪飛散については粒度、バインダー、添加材の間に差異がなく、耐すべりについては密粒ギャップIV型が良好であった。

上記室内試験を受けて、高速7号小松川線の上り線に試験舗装区間を設け、7種類の混合物を昭和49年10

月に舗設し、昭和60年3月までの約10年間追跡調査をおこなった。その結果を図-8に示す。これから、密粒の寿命が約4年であったのに対し、密粒ギャップIV型は10年経過してもわだち量は20mmに達していなかった。

なお、密粒ギャップIV型は、密粒よりむしろ粗粒に近い粒度曲線であることから、これを「粗粒ギャップ」と呼ぶこととした。また、この追跡調査期間中の昭和53年に舗装設計施工基準を定め、表層の混合物として粗粒ギャップを標準化している。

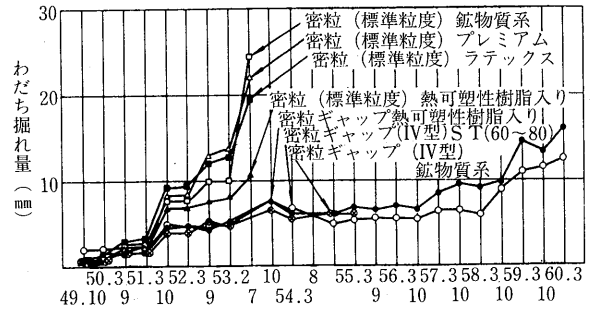


図-8 わだち掘れ量の経年変化(第一期試験舗装)

### 6. セミプローンアスファルトの使用

粗粒ギャップ粒度の開発に続き、昭和53年からバインダーとしてセミプローンアスファルトの研究に着手した。粒度として粗粒ギャップと密粒の2種、バインダーとしてAC-140、AC-80の他、熱可塑性樹脂入りゴム系の高分子材料を添加した改質アスファルト2種の計4種類を選定し、室内試験を実施した。その結果、最適バインダー量での動的安定度がAC-140とAC-80で約4,000回/mm、改質アスファルト2種は1,400~2,100回/mmとなり、セミプローンが耐流動に有効であることが認められた。

この室内試験結果を受け、7号線試験舗装区間にAC-140とAC-80を、粒度としては粗粒ギャップと密粒下限の2種を採用した5種類の混合物を昭和54年に舗設し、昭和60年までの7年間追跡調査を行った。その結果を図-9に示す。これから、(密粒下限+AC-80)は初めて迎えた夏季(54年8月)にわだち量が急激に増加し、昭和55年9月には約43mmとなった。この原因を調査した結果、使用したAC-80の原アスファルトの粘度が低く、かつ熱劣化の影響が小さかったことが主因と思われた。また、使用した混合物と同配合のものに対して接地圧11.5kg/cm<sup>2</sup>によるホイールトラッキングを実施したところ(密粒下限+AC-80)は

他の混合物に比較して変形量の大きいことが確認された。

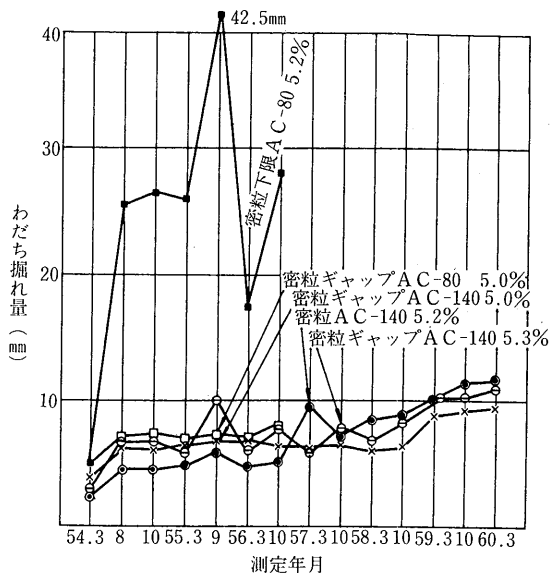


図-9 わだち掘れ量の経年変化 (第二期試験舗装)

AC-140を用いた混合物に関しては、施工してから約2年後に線状ひびわれが発生した。ひび割れと回収アスファルトの60℃粘度との関係を調査した結果、図-10に示す通り、60℃粘度が50,000poiseを超えると、ひびわれが急増するものと推定された。しかし、このAC-140混合物は昭和60年10月に次の試験舗装のため打換えるまで、補修基準に達することなく供用された。

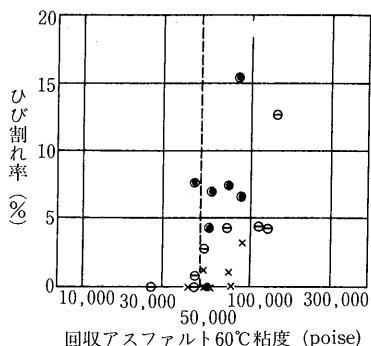


図-10 回収アスファルトの60℃粘度とひび割れ率の関係

AC-80が耐流動に対して、AC-140は耐クラックに対してそれぞれ弱点を持つことが判明し、また50年代後半には石油メーカーがAC-100のみの製造に踏み切ったこともあり、新たにAC-100の有効性を検証する必要性が生じ、昭和60年10月に従来からの試験舗装区間でAC-100を用いた試験舗装の追跡調査を開始し

た。舗装した混合物は、粗粒ギャップ (13) と AC-100の組合せであり、比較する材料として公団の基準である粗粒ギャップ (13) と ST40/60を併せて舗装した。この追跡調査は平成元年11月までの約5年間続けられ、その結果を図-11、図-12に示す。この図から、ST40/60が約2年の寿命であったのに比べ、AC-100は約4年後にもわだち掘れ量が約10mmと僅かな値しか示していない。ただし、AC-100は施工後約2.5年でひび割れが局部的に集中発生したが、ひび割れ率としては約3%の小さい値となっている。このようなひびわれは、混合物のバインダーの60℃粘度が50,000poiseを超えると急激に増加することが得られているが、平成2年度の回収アスファルト60℃粘度は30,000poiseであった。

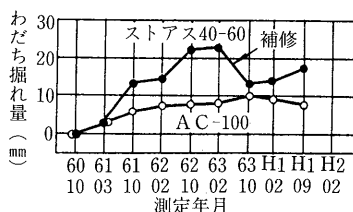


図-11 わだち掘れ量の経年変化 (第四期試験舗装)

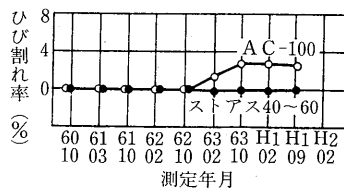


図-12 ひび割れの経年変化 (第四期試験舗装)

以上の結果を受けて、昭和60年3月に「舗装設計施工基準 (高架、隧道編)」の改訂原案が作られている。首都高速道路公団では、新設路線の高架橋舗装には、今後AC-100の使用を標準と考えているが、維持補修における舗装打換え工事においては、全線を交通止めて補修工事を行う「全止め工事」、ある期間内で一車線規制によって工事を行う「期間指定工事」、特定の曜日に工事する「曜日指定工事」の他、フリーに行う路線もあり、路線毎にそれぞれやり方が異なっている。一日当たりの工事の量やコンタミ防止などを考慮して「全止め工事」と「期間指定工事」に限りAC-100を使用するものとし、その他の打換え工事においては従来通りST40/60としている。なお、平成4年度における全止め工事としては6号線が予定されており、期間指定工事に関しては図-13のようになっている。

路線	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月～3月
3号渋谷線<上り・下り>		6③ 31④					
4号新宿線<上り・下り>			1① 30⑤				
1号羽田線<上り・下り>				6① 5⑥			
横羽線 <下り>						1④ 30⑤	
5号池袋線	上り 毎週月曜		下り 毎週水曜		(予備/毎週日曜)		
都心環状線	内回り 毎週火曜		外回り 毎週水曜		(予備/毎週土曜)		

図-13 期間指定工事と曜日指定工事

### 7. わだち掘れ予測手法の検討

昭和55年からわだち掘れ予測手法の検討を開始した。わだち掘れのシミュレーション試験であるホイールトラッキング試験を用い、わだち掘れに影響を与える交通量、走行速度、舗装体温度、輪荷重のうち、走行速度、舗装体温度、輪荷重に対して上記試験の動的安定度(Dynamic Stability.以下DS)を用いてウェイトをつけ、このウェイトにより実際の交通量を基準条件におけるホイールトラッキング試験の通過回数に換算してわだち掘れの予測を行うものとした。トラッキング試験の基準条件は(走行速度42pass/min, 試験温度60℃, 接地圧11.5kg/cm<sup>2</sup>)とした。この試験条件から得られるDSの値は、アスファルト混合物に1mmの変形を生じさせる通過回数、すなわち通過輪数に他ならない。このことから各々の条件を独立して変化させ、それに対応したDSを測定すれば、各条件ごとの評価が可能となる。基準条件におけるDSをDS<sub>0</sub>と定義すれば

$$\text{速度ウェイト} : a = DS_0 / DS_v$$

ただし、DS<sub>v</sub> : 試験温度60℃, 接地圧11.5kg/cm<sup>2</sup>

で、速度を変化させた時のDS  
 ・温度ウェイト :  $b = DS_0 / DS_t$   
 ただし、DS<sub>t</sub> : 走行速度42 pass/min, 接地圧11.5 kg/cm<sup>2</sup>で、温度を変化させた時のDS  
 ・輪重ウェイト :  $c = DS_0 / DS_p$   
 ただし、DS<sub>p</sub> : 走行速度42 pass/min, 試験温度60℃で、接地圧を変化させた時のDSと

すれば、わだち掘れ量δは次のように表現できる。

$$\delta = (a \times b \times c \times W) \times R / DS_0$$

ただし、W : 実際の交通量

R : 一車線当たりの平均軸数

(この年代ではR=2.044)

ホイールトラッキング試験によりa, b, cを求め、一方実際の外的データに関しては、昭和57年から58年にかけて測定された1年分の時間別交通量とそれに対応した交通速度データを、また同時期に実橋で1年間測定した舗装体温度測定から温度データを、さらに軸重は入路の料金所に設置されている軸重計からそれぞれデータを得て、1年間の交通量に各種のa, b, cを付与した。すなわち、首都高速道路は通行する1年間の様々の車両が、全て、速度約6m/hr, 接地圧11.5kg/cm<sup>2</sup>で60℃の舗装体上を通行している状態に換算したことになる。

この手法を前記の昭和49年から昭和60年まで実施した7号線試験舗装追跡調査区間に応用した結果を図-14に示す。実際に舗設した試験区間の基準DS<sub>0</sub>が不明であること、また基準DS自身も経年劣化により変化

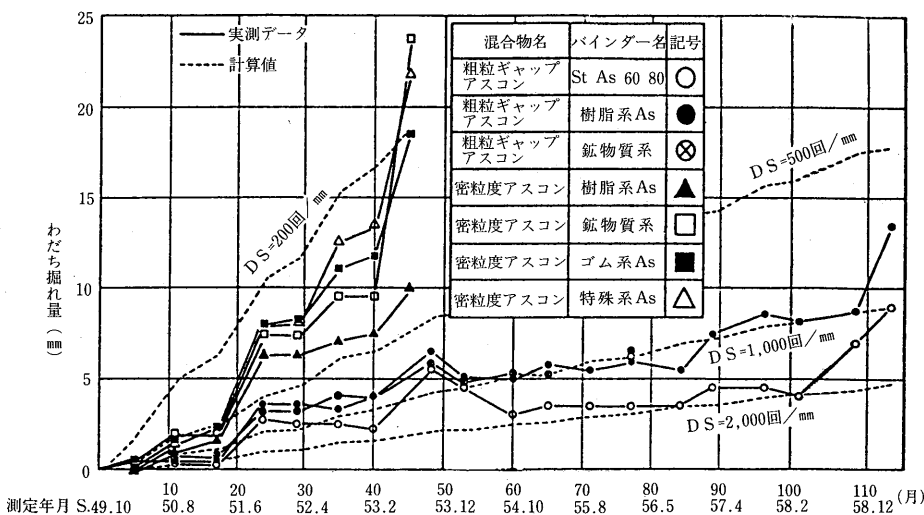
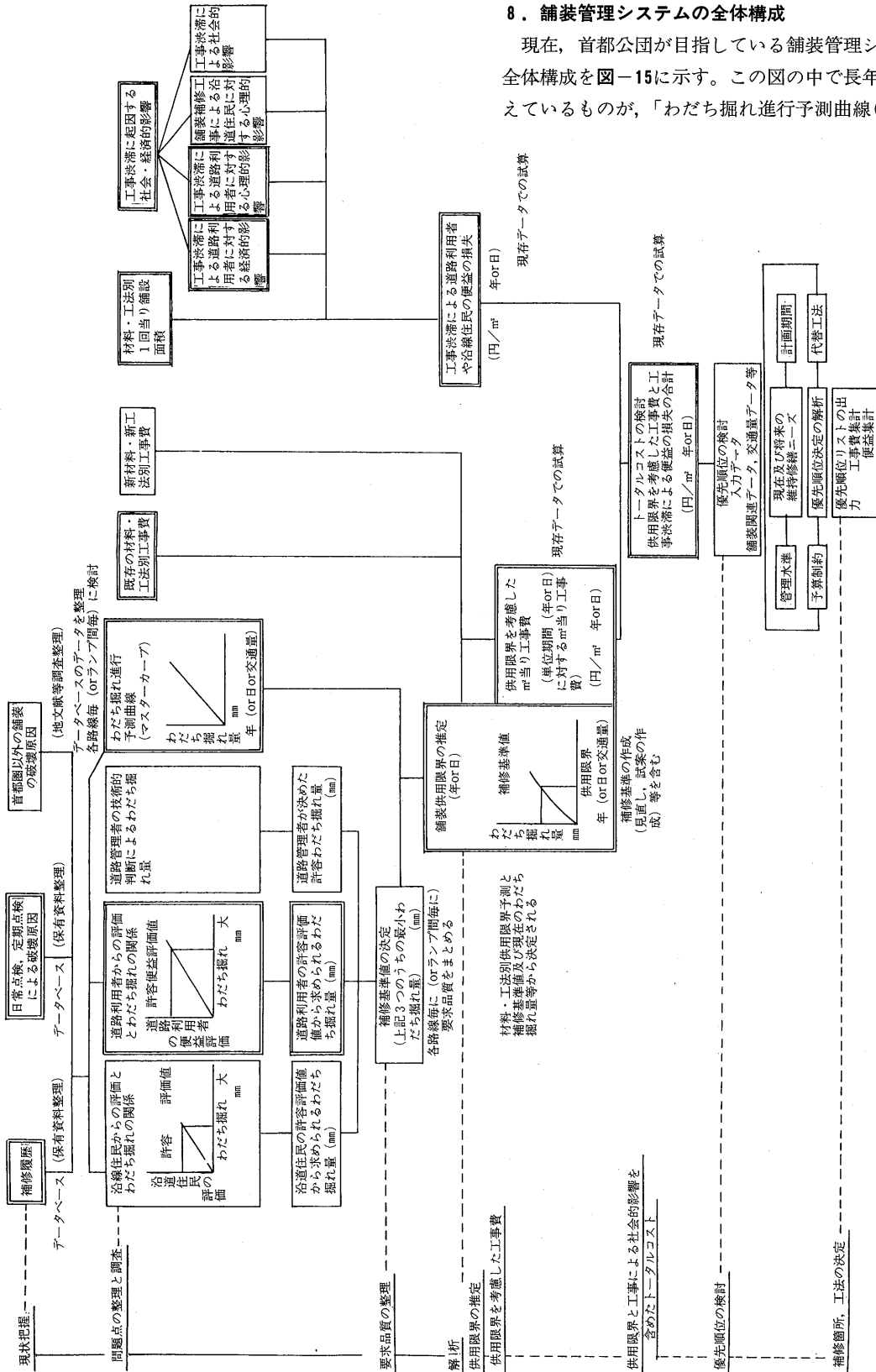


図-14 経時変化によるわだち掘れ量の推移 (7号線)

して行くこと、さらに今回求めたウェイトは(粗粒ギャップ+ST 40/60)であるのに対し、現地の混合物はこれと異なっていること、などからここでは基準DS<sub>0</sub>を計算により変化させている。計算結果から、実際のわだち掘れ進行状況と計算値とは比較的類似していると言える。



8. 舗装管理システムの全体構成

現在、首都公団が目指している舗装管理システムの全体構成を図-15に示す。この図の中で長年検討を加えているものが、「わだち掘れ進行予測曲線(マスター

図-15 首都高速道路の舗装管理システムの全体構成

カーブ)」の作成と「工事渋滞に起因する社会、経済的影響」の研究であり、両者を結合させた「トータルコストの検討」である。マスターカーブは、わだち掘れ予測手法を利用して首都高速道路の全線に適用可能な一本の寿命曲線を作成するものであるが、各路線毎の舗装打換え記録が完備していないため現在も継続研究中である。また、これまでコスト計算は当初舗設する際の工事費と打換え時の工事費から検討されていたが、昭和62年から工事渋滞が社会、経済に与える影響を付加価値で評価する研究を開始しており、マスターカーブと組み合わせたトータルコストから判断してどの程度までイニシャルコストをかけられるか、言い換えればどの程度の新材料を開発しなければならないかの検討を行う予定である。

### 9. トンネル舗装

首都高速道路公団は渋滞の切り札として、現在、中央環状線の建設を最重要路線としてその建設を進めている。中央環状線の東側を形成する足立区鹿浜橋から江戸川区清新町の区間は昭和62年にすでに供用をみているが、西側を構成する板橋足立線は建設の最盛期であり、これに続く中央環状新宿線は建設の緒についたばかりである。また中央環状新宿線と湾岸線を結ぶ中央環状品川線は都市計画決定の準備段階にある。これらの路線のうち、中央環状新宿線と中央環状品川線を併せた約20kmはトンネル構造が予定されている。日本坂トンネルの火災事故を鑑みた場合、これまでのアスファルト舗装で良いのか疑問が残る所であり、現在こ

れら長大トンネルの舗装のあり方について検討中である。既存技術の範囲では半剛性舗装が最適と考えられているが、今後さらに施工時期まで新たな検討を続けて行く予定である。なお、トンネル舗装は土木技術的観点ばかりでは無く、長大トンネルという観点からドライバーの心理的観点からも検討を加えている。

### 10. パッチング材の開発

首都高速道路に現在使用されている(粗粒ギャップ+粗粒)の組合せは対わだち掘れには有効であるが、反面ポットホールが発生し易く、透水係数が高いため耐水性に劣り、特に長期の雨中にその発生傾向が強かった。道路管理者としては直ちにパッチングを施工しているが、この施工に伴う工事渋滞が問題となり、また施工条件の悪さから材料の耐久性も乏しいため、ますます工事渋滞に拍車をかける結果となっている。このため、雨中でも短時間で施工でき、また耐久性に優れた材料を開発する必要性が迫られている。

### 11. あとがき

首都高速道路の舗装の歴史は、交通渋滞に起因するわだち掘れ対策の歴史でもある。これまでの研究は、その多くが(財)首都高速度道路技術センターに委託した「高架橋等の舗装に関する調査研究」の委員会において審議あるいは指導を受けた成果であり、当該委員会の委員長をお引受け頂いた多田宏行氏(昭和51年~54年)及び藤井治芳氏(昭和55年以降)、さらに各委員と幹事の諸氏には心からお礼を申し上げます。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

# 阪神高速道路公団における 舗装技術の現況と新たな取組み

橋本良之\*・杉山 功\*\*

## 1. はじめに

阪神高速道路公団は、昭和37年5月の設立以来、阪神都市圏における都市内交通の円滑化、都市機能の維持増進に寄与するために都市高速道路網の整備をすすめている。阪神高速道路は、昭和39年6月に、大阪池田線の一部区間（湊町～土佐堀2.3km）を供用開始以来、着実に供用延長を延ばし、現在、157.9km（大阪地区116.0km、兵庫地区41.9km）を供用している。阪神高速道路の利用台数は、1日当たり約83万台にのぼり、阪神都市圏の産業経済および社会の基幹施設の一翼を担って、いまや阪神都市圏に不可欠な存在となっている。

る。

また、関西においては、関西国際空港、関西文化学術研究都市、明石海峡大橋などの大規模プロジェクトが計画されているが、その中でも関西国際空港は、早期開港に向けて事業が急ピッチで進められている。阪神高速道路湾岸線は、関西国際空港へのアクセス道路として位置づけされており、阪神高速道路公団としては、その整備を中心に積極的に高速道路の建設を進めている。

図-1に阪神高速道路の路線図を示す。

以上が、阪神高速道路の建設および供用路線の概要

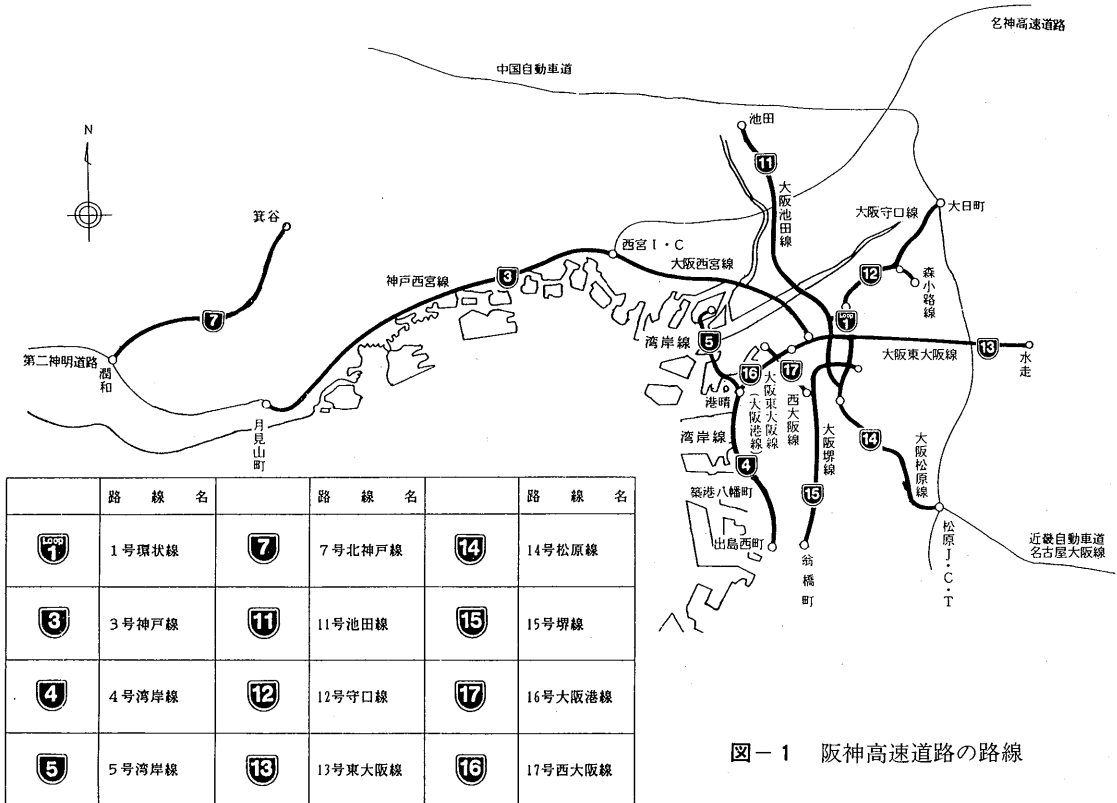


図-1 阪神高速道路の路線

\*はしもと よしゆき：阪神高速道路公団工務部設計課長

\*\*すぎやま いさお：阪神高速道路公団保全施設部保全技術課長

である。

周知のとおり、阪神高速道路は都市内高速道路であるため、その大部分が連続した高架橋であり、また、その平面線形も曲線が多用され、非常に複雑な道路線形となっている。また、阪神間にあるという地域特性のため大型車の混入率が高く、また、利用台数が多いために渋滞が日常化している。

以上のように、阪神高速道路の構造物は過酷な条件下にあるが、中でも輪荷重を直接支える「舗装」は、特に、厳しい環境のもとにある。

このような状況のもとで、建設および維持管理を行っているわけであるが、以下に、阪神高速道路公団における舗装技術についての建設時および維持補修時における現状と新たな試みについて述べる。

## 2. 新設道路への舗装技術の対応

### 2.1 舗装技術の現状

阪神高速道路公団における舗装の技術基準は、『設計基準（第3部）』<sup>1)</sup>に規定されている。

対象構造物とその舗装区分としては、

- ①高架橋を対象とした「橋面舗装」
- ②土工部を対象とした「土工部舗装」
- ③料金所付近を対象とした「料金所付近舗装」
- ④トンネルを対象とした「トンネル部舗装」
- ⑤非常駐車帯などを対象とした「その他の舗装」

に大別される。

①の「橋面舗装」については、舗装下の床版の種類によって2種類の舗装構成（コンクリート床版上の舗装と鋼床版上の舗装）が規定されている。また、舗装種別については、標準な線形の時に用いる標準舗装とそれ以外の特殊舗装（すべり止め舗装、耐流動舗装）に分けられている。

当該部分の現行基準の抜粋を表-1に示す。

その他、使用するアスファルトや骨材などの材料規定が文献1)や土木工事共通仕様書<sup>2)</sup>に述べられている。

②の「土工部舗装」は、原則としてアスファルト舗装とし、舗装種別については、標準舗装とすべり止め舗装に区分されている。舗装厚および各層の設計にはアスファルト舗装要綱<sup>3)</sup>の交通量区分におけるD交通(大型車交通量3,000台/日・方向以上)により決定している。

③の「料金所付近舗装」に関する規定では、料金所付近は車輛の停止発進による応力状態が一般の部分に

比べて複雑かつ過酷なものであり、また、ガソリンやエンジンオイルなどで侵されやすい箇所であるため、舗装材料としては、耐久性があり、かつ、耐油性のある仕様となっている。

当該部分の現行基準の抜粋を表-2に示す。

④の「トンネル部舗装」の規定では、トンネル内の舗装は、照明効果などの理由によりセメントコンクリート舗装とするのが原則とされている。

また、⑤で規定されている非常駐車帯部の標準舗装は、コンクリート床版上はコンクリート舗装を、鋼床版上はグースアスファルト舗装をすることになっている。

### 2.2 舗装技術の新たな取組み

前述のとおり、阪神高速道路公団の舗装に関する設計基準は昭和60年4月に制定され、今日に至っているが、その間に、アスファルト舗装要綱の改定、新材料の開発、対象工種の多様化などがあり、現在、設計基準を改定中である。

改定作業が、ほぼ完了したので、その改定要旨を以下に示す。

- (1) 現行のアスファルト舗装要綱との整合を図る。
- (2) 過去に起こった阪神高速道路での交通事故を分析<sup>4)</sup>し、「すべり止め舗装」の範囲を具体的に明記した。

文献4)を用いて、過去に起こった阪神高速道路での交通事故を分析すると、分流部・合流部および急カーブ部で交通事故が多発しているとの結果を得た。それらの結果より、交通事故の原因が、道路面のすべりであるとの大胆な仮定のもとに、すべり止め舗装を採用する範囲を以下のとおり規定した。

すべり止め舗装は、原則として縦横断勾配4%以上の区間、分流部ノーズ端の手前300mから後方100mまでの区間および合流部ノーズ端の手前100mから後方200mまでの区間、または、その他、走行上、すべり止めが必要と認められる部分に適用する。

なお、設計速度が80km/hの場合は、曲線半径R=300m未満、60km/hの場合は、R=150m未満、40km/hの場合は、R=60m未満の区間、およびその他、特に必要と考えられる区間については、表層に明色骨材を用いた明色舗装とすることができる。

- (3) 重交通区間における耐流動舗装として、交通量により2種類の改質アスファルト（A型およびB型）



表-1 橋面舗装基準の抜粋

## 2.1 一般

- (1) 橋面舗装には、コンクリート床版上の舗装と鋼床版上の舗装があり、標準舗装と特殊舗装（すべり止め舗装、耐流動舗装）を用いる。
- (2) 標準舗装は縦横断勾配が4%未満の直線部分および曲線部分に適用する。
- (3) すべり止め舗装は、原則として、縦横断勾配が、4%以上の直線部分および曲線部分、または、その他走行すべり止めが必要と認められる部分に適用する。
- (4) 耐流動舗装は、大型車交通量の多い路線特にわだち掘れが生じ易い箇所に適用する。
- (5) コンクリート床版上の表層、基層および鋼床版上の表層には、加熱式アスファルト混合物を用いる。鋼床版上の基層には、グースアスファルトを用いる。
- (6) 混合物の配合設計にはマーシャル試験法を適用し、ホイールトラッキング試験で最適アスファルト量の確認を行うものとする。
- (7) 設計に際しては安定度、耐久性とくに表層ではすべり抵抗性にすぐれ、混合、敷きならし、締固め等の作業性が容易に得られるよう材料の選定、骨材粒度およびアスファルト量の決定を慎重に行わなければならない。

## 2.2 コンクリート床版上の標準舗装

### 2.2.1 標準舗装断面

標準舗装の断面構造は図-2.2.1のとおりとする。

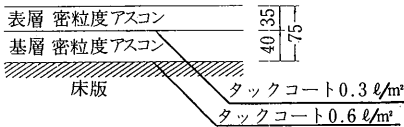


図-2.2.1 断面構造(標準舗装)(本線・ランプ) (単位: mm)

## 2.3 コンクリート床版上の特殊舗装

### 2.3.1 特殊舗装断面

特殊舗装の断面構造は図-2.3.1, 2.3.2のとおりとする。

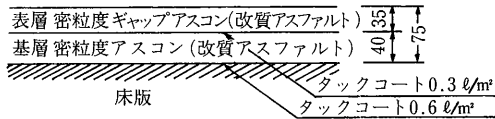


図-2.3.1 断面構造(すべり止め舗装)(本線,ランプ)(単位: mm)



図-2.3.2 断面構造(耐流動舗装)(本線,ランプ)(単位: mm)

## 2.4 鋼床版上の標準舗装

### 2.4.1 標準舗装断面

- (1) 鋼床版上の舗装厚は原則として最大80mmとする。
- (2) 路肩部は基層と同一のグースアスファルトとする。
- (3) 標準断面構造は図-2.4.1のとおりとする。

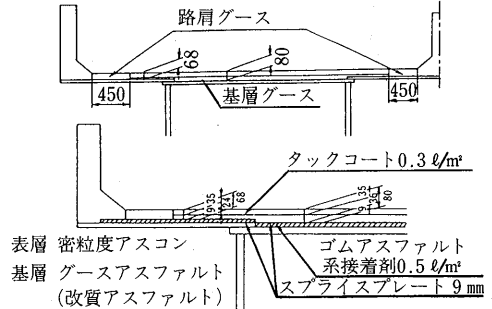


図-2.4.1 標準断面構造

## 2.5 鋼床版上の特殊舗装

### 2.5.1 特殊舗装断面

- (1) 鋼床版上の舗装厚は原則として最大80mmとする。
- (2) 路肩部は基層と同一のグースアスファルトとする。
- (3) 標準断面構造は図-2.5.1のとおりとする。

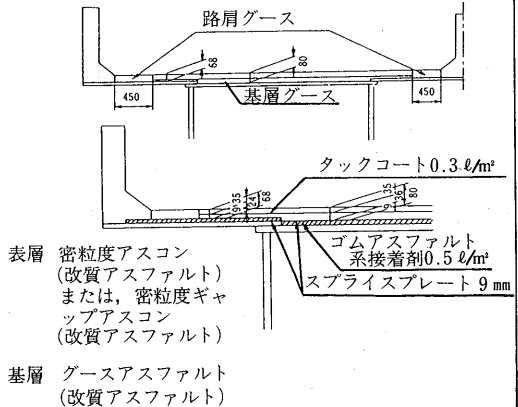


図-2.5.1 断面構造

表-2 料金徴収所付近の舗装基準の技料

4.1 一般

(1) 料金徴収所付近の舗装の範囲は図-4.1.1を標準とする。  
(本線部)

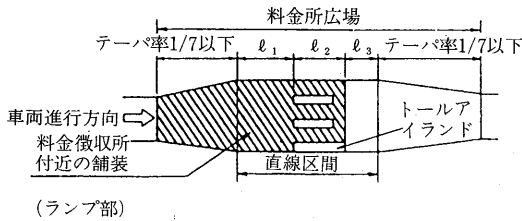


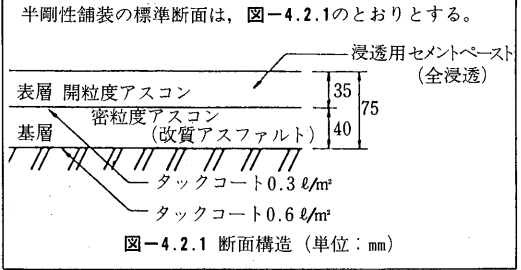
図-4.1.1 料金徴収所付近の舗装範囲

(2) 料金徴収所付近の舗装は次のとおりとする。

- 1) 高架部においては、原則として半剛性舗装とする。
- 2) 土工部においては、原則として、コンクリート舗装とし、コンクリート版厚は30cmとする。

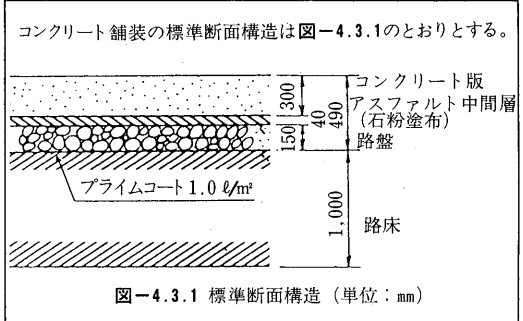
4.2 半剛性舗装

4.2.1 標準舗装断面



4.3 コンクリート舗装

4.3.1 標準断面



を標準化した。

改質アスファルト (A型) は、計画大型交通量または補正大型交通量が3500~7000台/日・車線の車線に採用し、DS=2000回/mm以上とする。

改質アスファルト (B型) は、計画大型交通量または補正大型交通量が7000台/日・車線以上の車線に採用し、DS=4000回/mm以上とする。

(4) 構造物の多様化により、近年、鋼床版上に料金所が設置される場合が生じてきた。阪神高速道路公団の設計基準には、当該事例の規定はなく、現在、鋼床版の変形状態を測定し、それらの結果を参考に目的に合致した材料を選定中である。

以上が、設計基準の改定要旨である。

3. 維持管理から見たアスファルト舗装

3.1 管理体制

維持保全においては、交通の安全性に直接係わるため日常管理に重点を置いた緻密な対応が必要である。

現在、阪神高速道路公団で管理している舗装は約315万㎡であり、設計基準の変遷や補修工事によって表-

3に示すような舗装タイプとなっている。

舗装の損傷は、日常点検および定期点検<sup>5)</sup>により把握し、補修などの必要な措置がなされる。

表-3 舗装構成の現況

No.	表層	基層	比率
1	密粒	粗粒	20.1%
2	密粒改質	密粒改質	12.2%
3	修正トベカ	粗粒	10.3%
4	密粒ギャップ	密粒	9.2%
5	密粒	粗粒	8.0%
6	密粒ギャップ	粗粒	5.3%
7	密粒改質	粗粒	4.9%
8	密粒	密粒改質	4.0%
9	密粒改質	密粒	3.9%
10	密粒ギャップ	グース	3.9%
11	その他		18.2%
合計			100%

(1) 日常点検

日常点検は、週5回点検車により点検員の目視、車上感覚、必要に応じてたたきおよび簡易計測により実施し、ポットホール、はがれ、陥没などの緊急的損傷

を対象に行われる。この日常点検の判定基準は表-4に示すとおりである。

表-4 日常点検の判定基準

種類	判定区分	A	B
	点検項目		
アスファルト舗装	ポットホール陥没、はく離、はがれ	深さ20mm程度以上、または径10cm以上の場合	
	段差	20mm程度以上で車輛通行および路下に支障をきたしている	20mm程度であるが、車輛通行および路下に支障をきたしていない
	コルゲーションこぶ	著しいもり上がり(20mm程度)がある	
	わだち掘れ	20mm以上のわだち掘れが発生している	
	ひびわれ	①ひびわれ密度が高く、はく離の恐れがある	
	油こぼれなど	油こぼれなどが著しく、車輛通行に支障をきたしている	
路層コンクリート、非常駐車帯部コンクリート舗装	もり上がりはく離	非常に大きな場合	
	目地材の状態	もり上がりなどが非常に大きい	
区画線および路線表示	区画線判読の良否	50mm程度にわたって判読が困難な場合	
	文字の判読の良否	内容が読み取れない	内容が読みにくい

(注) A：損傷が著しく、補修する必要がある場合  
B：損傷があり、必要に応じて補修する場合

(2) 定期点検

定期点検は、路面の交通量などに応じ1回/1~2年路面性状自動測定装置(写真解析)によりわだち掘れ、ひびわれ調査を行っている。この点検は、舗装の供用性や耐久性などの点で損傷が一定の管理限界に達しているか、あるいは近い時点で限界に達するかなど

短期および長期観点で判定され、補修工事を計画的に実施するために重要なものである。

この定期点検の点検項目、内容、方法を表-5、判定基準を表-6に示す。アスファルト舗装面の健全度判定手法としては、一般的に各点検項目ごとの測定値を用いた供用性指数(PSI)、維持管理指数(MCI)などがあるが、橋面舗装においては個々の点検項目が重要な損傷要因となることが多いので、各項目ごとの判定によって舗装の健全度を評価している。

表-5 舗装の点検項目、点検内容および点検方法

点検項目	点検内容	点検方法
わだち掘れ	最大わだち掘れ量を算出する	わだち掘れ自動測定装置により写真測定を路線10mピッチを基本に行う
ひびわれ	ひびわれ幅1mm以上を対象としてひびわれ率を算出する	ひびわれ自動測定装置により写真測定を各路線ごとに全路線長行う
ポットホールはがれ	ひびわれ率に換算する	
パッチング	ひびわれ率に換算する	

表-6 定期点検の判定基準

	A	B	C	OK
最大わだち掘れ量(mm)	20以上	20未満~10以上	10未満~3以上	3以下
累計ひびわれ率(%)	15以上	15未満~5以上	5未満~0以上	0

(注) A：損傷が著しく、補修する必要がある場合  
B：損傷があり、必要に応じて補修する場合  
C：損傷は軽微である場合  
OK：上記以外の場合

3.2 損傷状況

日常点検で発見される年間の損傷件数は、交通事故などによる損傷を含め670件(平成元年度実績)であり、その内訳は表-7に示す通りで、ポットホール、はく離が最も多く60%を占め、次にひびわれ10%、流動こぶ7%となっており、これら上位3種類で全体の80%となっている。なお、これら損傷の判定ランク別比率は表-8の通りである。

次に定期点検による損傷状況を示す。一般に路面性状の損傷推移は、施工条件、経年数、交通量、舗装構造などの要因と深い関係がある。しかし、現実的には路面性状に影響を及ぼすすべての要因を設定すること

表-7 日常点検による種類別損傷数量

種類	ポットホールはく離	ひびわれ	こぶ	補修跡の損傷	薄層舗装の損傷	きれつ	段差	わだち掘れ	交通事故その他	合計
(か所)数量	401	68	49	43	28	27	10	3	41	670
(%)比率	59.9	10.1	7.3	6.4	4.2	4.0	1.5	0.4	6.2	100.0

表-8 ランク別損傷量

種類	㊤	A	B	合計
数量(か所)	66	451	153	670
比率(%)	9.9	67.3	22.8	100.0

(注) ㊤：損傷が著しく、緊急補修の必要がある場合

は困難であり、たとえ設定できても、データの収集、定量化などには限度がある。ここでは重交通路線の事例から経年数別に見た路面性状の推移を図-2、3に示す。

この結果によると、全般的にはひびわれ、わだち掘れともに、経年数が大きくなるにつれて損傷度合いも大きくなる傾向にある。定期点検におけるわだち掘れ(最大)とひびわれ(累計)の判定結果は表-9の通りであり、相対的にはひびわれよりわだち掘れによる損傷度が高い。

ひびわれ率は、経年数3年で発生箇所が多くなり始

め、年間0.3%程度増加し、経年数7年で約1%になっている。わだち掘れは経年数1年で約9mmであり、年間0.7mm程度増加し、経年数7年で約15mmになっている。

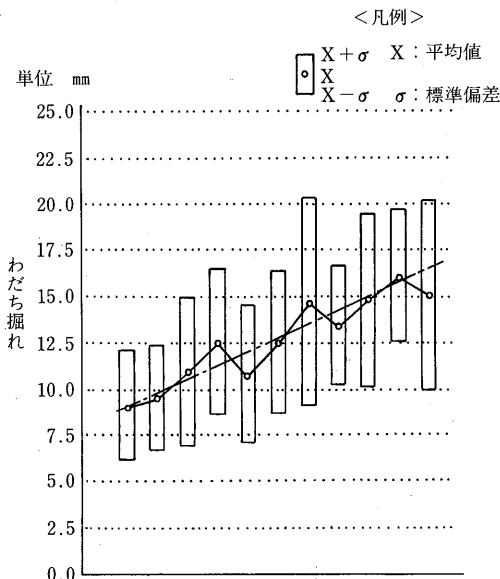
表-9 舗装の判定基準と判定結果

項目	判定区分	基準値	面積比率
わだち掘れ	A	20mm以上	3.1%
	B	10~20mm未満	65.2%
	C	3~10mm未満	31.7%
	OK	3mm未満	0.0%
ひびわれ	A	15%以上	0.1%
	B	5~15%未満	1.9%
	C	0~5%未満	29.3%
	OK	0%	68.8%

### 3.3 補修体制

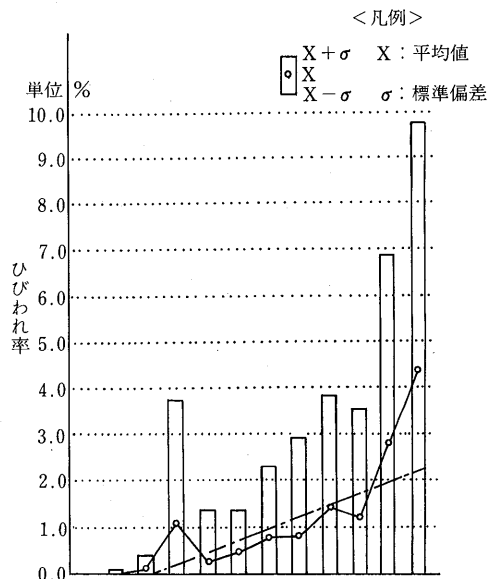
#### 3.3.1 日常補修状況

昭和53年頃からの数年、工事による交通渋滞回数は、



	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年以上
○平均値(mm)	9.1	9.5	10.9	12.5	10.8	12.5	14.7	13.4	14.8	16.1	15.1
標準偏差(mm)	3	2.9	4.1	4	3.8	3.9	5.6	3.2	4.7	3.6	5.2

図-2 わだち掘れ(最大)経年推移例



	0年	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年以上
○平均値(mm)	0	0	0.1	1.1	1.0	0.3	0.5	0.8	0.8	1.4	1.2	2.8
標準偏差(mm)	0	0.1	0.3	2.7	1.1	0.9	1.5	2.1	2.5	2.4	4.1	5.4

図-3 ひびわれ経年推移例

全交通渋滞回数の10~15%を占めていた。そこで、通常の車線規制工事に関して、次のような対策を講じている。

- ①補修工事の実施にあたっては、比較的交通量の少なくなる時間帯を選択する。(音の出る工事は休日の昼間、音の小さな工事は平日の夜間)
- ②多工種の工事を2km程度の同一車線規制内で実施する工事の集約化を図る。
- ③交通量が多くなる年末・年度末における車線規制工事の抑制を行う。

上記のような種々の対策を実施した結果、ここ数年の全渋滞回数に占める工事渋滞回数は5~6%程度で推移しており、年間の工事渋滞回数も53年度以降、従来の1,100~1,500回であったものが、700~900回にまで減少している。

舗装における日常補修の代表的工種の1つとして、ポットホール補修を挙げることができる。補修は、パッチング工法を採用しており、施工性を考慮し密粒アスコンを使用している。この補修は原則として表層のみであるが、損傷の状況によっては基層まで打ち替えを行う。

昭和58年頃から工事による交通渋滞の一層の緩和を図るため、ポットホール補修や伸縮継手取替補修など

の局所的に発生する工事を対象に、車輻を通行させながら補修工事を可能とするものが必要となった。こうした背景から開発されたのが立体道路式路面補修車(以下ミニウェイという)である。(写真-1、図-4)ミニウェイは「路面補修工事の際に車線規制を行うことなく、補修工事が施工できるように道路上で車輻を連結し、既製の仮橋を構成し、下部空間および側方空間で多目的な道路補修を可能とする装置」で平成元年度に完成したものである。なお、ミニウェイの概要を表-

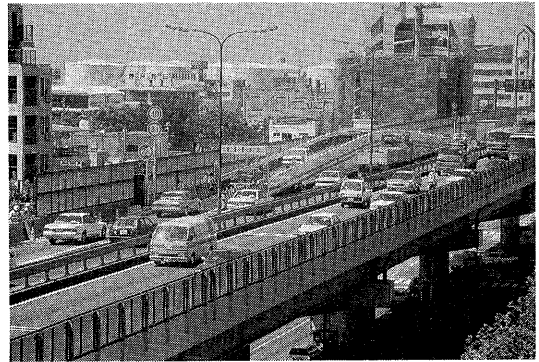


写真-1 ミニウェイ

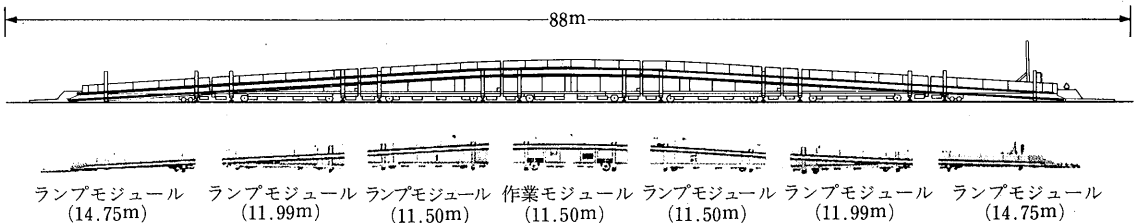
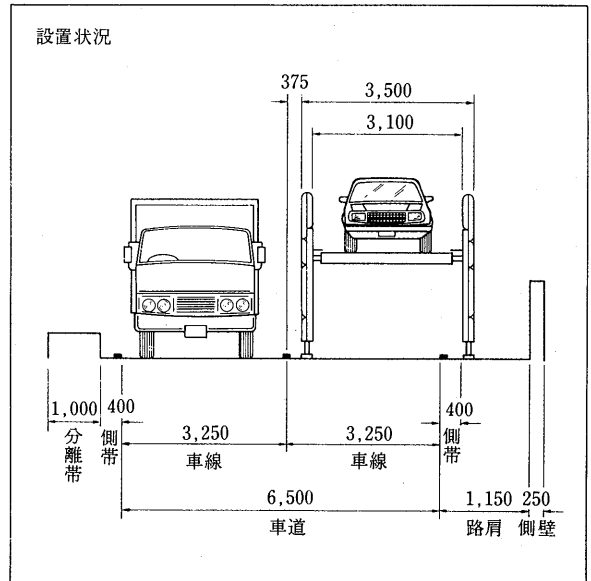
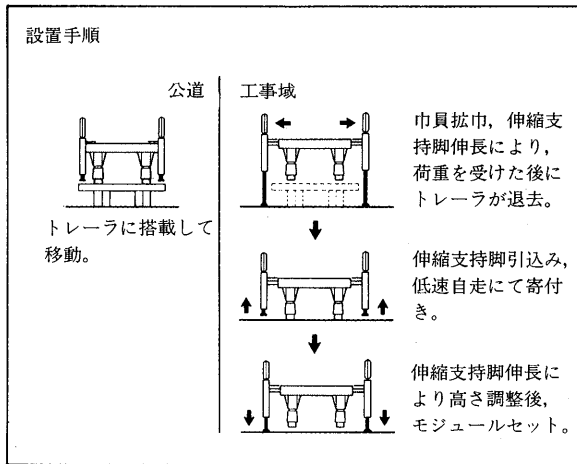


図-4 ミニウェイの設置手順および状況

表-10 ミニウェイの概要

項目	内 容
形 状	全延長88m, 幅員3.1m (外面3.5m), 路面までの高さ=2.3m, 勾配6%
構成モジュール	中央部に作業モジュール, 両側に各々3つのランプモジュールで構成。(計7モジュール)
設 計 速 度	40km/h
設 計 荷 重	乗用車荷重3.0t (建築限界等の関係から, 大型車は通行禁止)
作 業 の 概 要	現地まで各モジュールをそれぞれ専用トレーラーで運搬し, 現地で組み立て(約1時間), 補修工事完了後は解体し, 専用トレーラーで搬出。小規模な移動はミニウェイ全体で移動可能(時速約3km)。各モジュールは組み立て解体を速やかに行うことを可能とするため, 4輪駆動・4輪操舵の機能を持っている。(但し, 端部のモジュールは2輪駆動・4輪操舵)。
主な補修工事	伸縮継手補修工事, 高欄補修工事, 遮音板取替・補修工事, 舗装補修(小規模)

10に示す。

### 3.3.2 大規模補修状況(通行止め)

近年の利用交通量の増加に伴う慢性的な渋滞が続く中であって, 常時道路機能を良好に維持すべく必要に応じた補修工事を実施せねばならない。こうした補修工事の中で舗装・伸縮継手補修などは, 道路交通に与える影響が大きいこと, また補修すべき数量が大きいため相当の日数を要する。交通への影響を考慮して効率的な工事方法として登場したのが全面通行止めによる大規模かつ集中的な補修工事である。規模としては, 路線延長10km程度, 約1週間を目安としている。

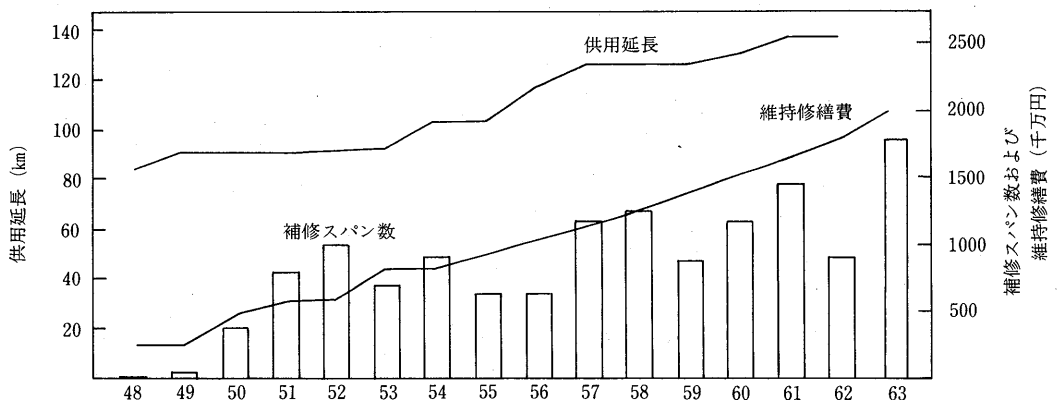
阪神高速道路公団では, 昭和48年より通行止工事を毎年実施している。近年では, 貴重な通行止期間を最大限に生かすため100%近い舗装打ち替えを行うとともに各種の交通安全対策工事を積極的に盛り込むなど, 利用者サービスを意識した工事を行っている。

なお, 参考までに阪神高速道路において舗装の補修工事が本格化した昭和48年度以降の供用延長と補修工

事量の年度推移を図-5に示す。また, 補修判定と補修範囲決定<sup>6)</sup>を表-11, 12および図-6, 7に示す。

表-11 わだち掘れの場合の補修判定

調査項目	表層のみ打ち替える場合	基層まで打ち替える場合
わだち掘れ量	基層の平均わだち掘れ量が10mm未満の場合	基層の平均わだち掘れ量が10mm以上の場合
室内試験	表層の有効空隙率が2%以下, 針入度40(1/100cm)以上, 軟化点60℃以下の場合	基層の有効空隙率が4%(グースの場合は2%)以下で針入度が30(1/100cm)以上軟化点が60℃以下の場合
コアーの観察	表層混合物のみに劣化がみられる場合	流動, 老化等により基層混合物の劣化が著しい場合, 水の浸透, はく離等により基層混合物の変状が著しく耐久性に欠ける場合



補修スパン数: 1車線を1スパン(打ち替え補修)

図-5 供用延長と補修スパンの推移年度

表-12 ひびわれの場合の補修判定

	表層のみ打ち替える場合	基層まで打ち替える場合
わだち掘れ量	基層のみにひびわれが発生している場合	基層までひびわれが発生している場合
室内試験	表層の有効空隙率が2%以下、針入度30(1/100cm)以上、軟化点60℃以上の場合	基層の有効空隙率が4%以上、針入度30(1/100cm)以下、軟化点が70℃以下の場合
コアの観察	表層混合物のみに劣化がみられる場合	老化の進行により基層混合物の変状が著しい場合 水の浸透、はく離等により基層混合物の変状が著しく耐久性に欠ける場合

トを低減させ、円滑な利用交通を確保するためには、舗装の耐久性を向上させ補修サイクルを長くすることが最重要である。

現在、阪神高速の橋面舗装は実態を加味した耐用年数として8~10年を目標にしているが、交通量や大型車の増大化、著しい渋滞により実際は厳しい状況にある。こうした状況の中で「より耐久性の高い舗装材料の選択」が必要であり、そのためには従来採用されている密粒アスコンor改質アスファルトの考え方に他の性能をプラスしたものを選び、基準化すべき時期にあるといえよう。阪神高速道路公団では、表-13に示すような材料の試験施工を計画しており、2~3年を目途に有効性を判断したいと考えている。

また、施工面からより耐久性のある舗装を追求することも重要であると思われる。

4. 今後の課題

建設および管理を含めた舗装のライフサイクルコス

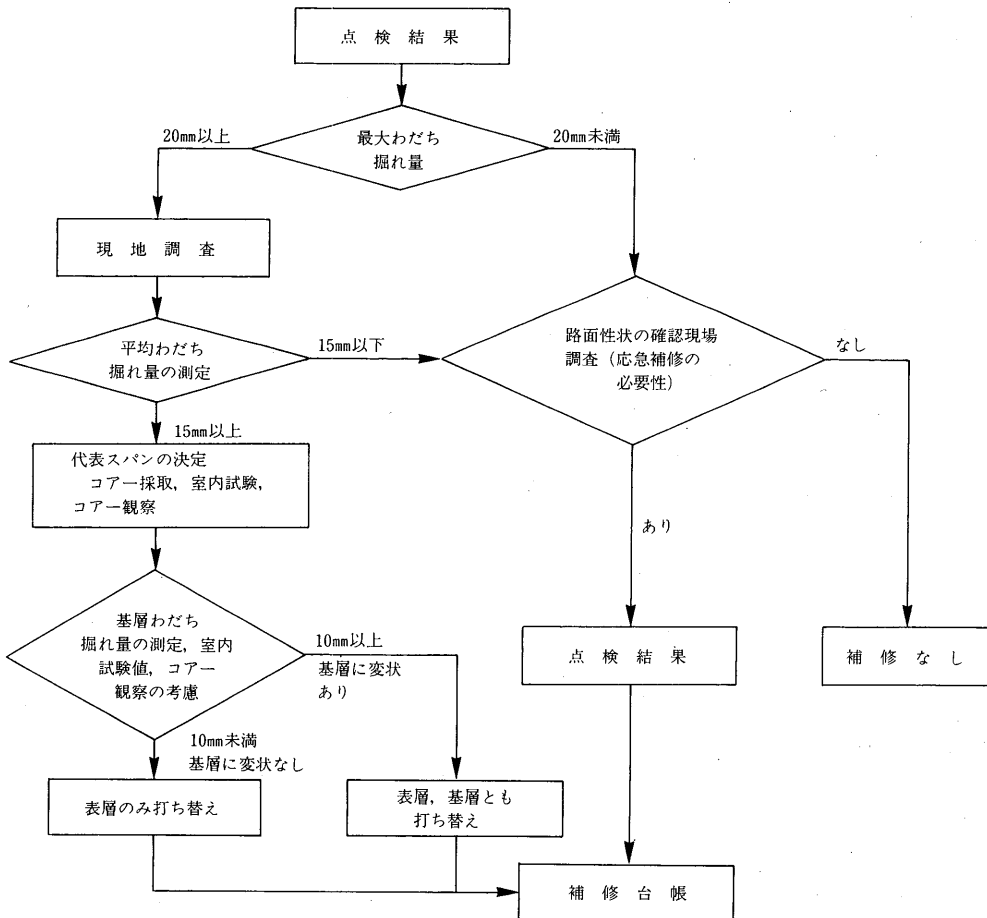


図-6 わだち掘れが要因の場合の補修範囲決定流れ図

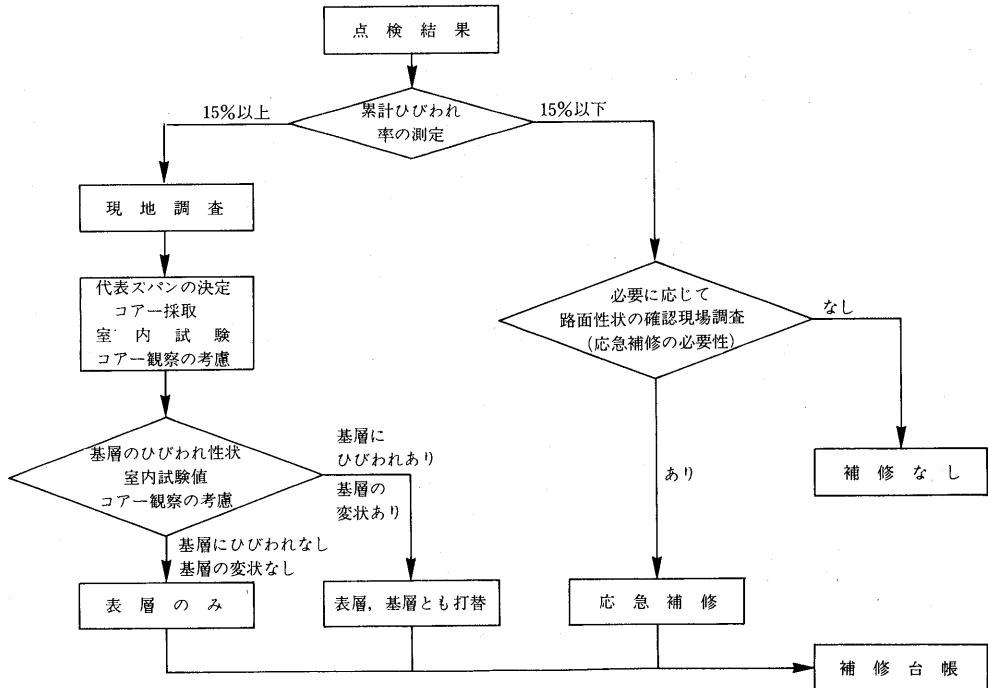


図-7 ひびわれが原因の場合の補修範囲決定流れ図

表-13 舗装材料 (試験施工)

材 料	I	II	III	IV
性 能	耐はく離抵抗性 (ポットホール) 耐流動性	耐流動性 耐すべり抵抗性 耐摩耗性	耐流動性 耐摩耗性	耐流動性 (グースアスファルト 対応)
内 容	骨材との付着性(耐はく離性)改善を目的に開発した橋面舗装用バインダ(プレミックスタイプ)を使用したアスファルト混合物で、従来の改質II型アスコンと同様に耐流動性に優れるほか、特に耐はく離抵抗性が高い等の特長を有する。	摩耗性の小さい石質の骨材と熱可塑性樹脂バインダ(TR-100S)によるアスファルト混合物で、従来の改質II型アスコンと同様に耐流動性に優れるほか、特に表面が粗面であるため滑り抵抗性、耐摩耗性に優れる等の特長を有する。	粗骨材の割合が多い不連続粒度の骨材と改質アスファルト並びにMC(メチルセルロース)によるアスファルト混合物で、従来の改質II型アスコンと同様に耐流動性に優れ、かつ耐摩耗性にも優れる等の特長を有する。	エポキシアスファルト(二液性)と骨材の混合によるアスファルト混合物で、従来の同種混合物に比べ極めて可使用時間が長く、また鋼床版に多用されているグースに比べ著しく耐流動性に優れる等の特長を有する。

## 5. あとがき

大規模補修工事に代表される工事の効率化の推進に伴って、工事管理の改善が必要である。阪神高速道路公団の大規模補修工事で、約20万㎡という膨大な補修数量を1週間程度で打ち替え補修する事例のように、従来の管理方法では対応しづらい場合が多い。工事管理の改善は、公団単独では難しく、官民一体となった取組みが必要であると思われる。

最後に、資源の有効活用の観点から、舗装材料の再利用にも積極的に取り組んで行かなければならない。

## — 参考文献 —

- 1) 阪神高速道路公団：設計基準(第3部)構造物設計基準(土構造物等編), 昭和60年4月, P.178.
- 2) 阪神高速道路公団：土木工事共通仕様書II, 建設工事編, 平成4年4月, P II-185.
- 3) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱(昭和63年版), 昭和63年11月.
- 4) 阪神高速道路公団大阪管理部：交通事故に関する解析検討業務報告書, 平成3年3月.
- 5) 阪神高速道路公団：道路構造物の点検標準, 平成4年4月.
- 6) 阪神高速道路公団：道路構造物の補修要領(第3部), 平成2年6月.



# 本州四国連絡橋公団における 舗装技術の現況と新たな取組み

藤井 裕 司\*・長尾 日出男\*\*

## 1. はじめに

当公団は、数多くの海峡部長大橋を完成または建設中であるが、計画当初において、海峡部長大橋は、主要部材の設計応力に占める死荷重による応力の割合が大きく、死荷重の軽減が経済性に大いに寄与することから、従来多く用いられたコンクリート床版にかえて鋼床版の採用及び薄層舗装が要求された。

一方、鋼床版は、剛性が小さいため、たわみやすく局部的な変形が大きいなど、舗装にとっては厳しい制約条件がある。このような条件のもとに、鋼床版の変形に追従でき、耐久性にすぐれるとともに、できるだけ薄層の橋面舗装の検討が必要となった。このため、当公団では、昭和48年度より(株)日本道路協会に委託して、「本州四国連絡橋橋面舗装調査特別委員会」を設置するとともに、建設省土木研究所への委託研究をお願いすることにより、橋面舗装の検討のスタートがきられた。

文献<sup>1)</sup>に述べられているように、鋼床版舗装の全国調査(合計311橋)及び各種の室内実験を行い、昭和51年度には、同上委員会にて「本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)」が制定された。この基準(案)で定められた舗装構成を図-1に、各層の機能を表-1に示す。舗装本体としては、グース、改質アスコン、硬化性アスコンの3種類が選定され、舗装本体の上下層の組合せとして7種類が提案された(表-2)。この基準の制定により実施工へ向けての準備の1ステージが終了した。

次に、この基準で定められた各層の品質規定等は、高規格なものであり、今後の研究開発に期待する特殊

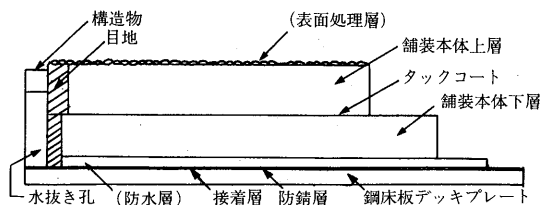


図-1 舗装構成

表-1 各層の機能

舗装の構成層	主たる機能
防 錆 層	鋼床版を腐食から防護する。
接 着 層	舗装本体の下層を鋼床版に十分に接着させる。また、防水性を有することもある。
防 水 層	防水性を強化し、鋼床版デッキプレートの腐食を防止する。
舗装本体の下層	鋼床版デッキプレートの不陸を補正し、荷重を分散する。また混合物の種類によっては、防水層の機能を有することもある。
タックコート	舗装本体の上層と下層とを接着させる。
舗装本体の上層	交通車輛による摩耗とせん断に抵抗し、交通荷重に対して耐ひびわれ性、耐流動性を有し、下層と一体となって舗装の安全性および耐久性を高めるとともに、平坦ですべりにくい路面を提供する。
表面処理層	舗装表面のすべり抵抗性を高める。

表-2 上下層の組み合わせ

橋 面 舗 装 基 準							
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
上層	グース	改質アスコン	改質アスコン	改質アスコン	硬化性アスコン	硬化性アスコン	硬化性アスコン
下層	グース	グース	改質アスコン	硬化性アスコン	グース	改質アスコン	硬化性アスコン

\*ふじい ゆうじ：本州四国連絡橋公団設計部設計第二課長

\*\*ながお ひでお：本州四国連絡橋公団企画開発部調査課長代理

な技術も含まれていた。このため、試験施工あるいは実施工の実績の積み重ね及び評価により、施工技術を確立し、橋面舗装の品質の向上と安定化を図る必要があった。このようなニーズを基に、昭和53年度から、(財)海洋架橋調査会に委託し設置した「本州四国連絡橋の橋面舗装に関する調査研究委員会」を核として、調査研究が進められた。

委員会活動の内容は多岐に分かれているが、まず、この委員会において供用性調査を、または計画から供用性調査までを一貫して検討した試験舗装について紹介する。

①一般国道16号長浦試験舗装

昭和51年3月に、基準(案)に定めた舗装構成の内4種類について試験舗装を実施した。

②大三島橋試験舗装

昭和54年3月に、大三島西高架橋で改質I型、改質II型アスファルトの試験施工を実施した。なお、この試験舗装を計画する際に、基準(案)に基づいて鋼床版舗装を実施された千住新橋、玉川高架橋、上記①および繰返し曲げ試験のデータが評価されたことを付記する。

③筑波鋼床版試験橋の試験舗装(昭和54年度)

本州四国連絡橋の吊橋のうち、最初に舗装される因島大橋をモデルに、採用する舗装構成を選択するための試験舗装であり、これまでの実績等から2種類(本四公団分)の舗装構成が選定された。昭和55年度から昭和57年度にかけて、同上委員会では、試験舗装の調査、鋼床版表面処理調査、鋼床版舗装の実態調査、外国文献調査、舗装材料の調査、因島大橋の舗装構成の選定、および鋼床版舗装の施工法の

調査が精力的に行われ、「因島大橋橋面舗装施工要領」が取りまとめられた。また基準(案)については、試験舗装調査結果の反映、関連基準の改訂に伴うもの、技術の進歩により明確になったものについて見直しを行い「本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)」(昭和58年4月)に改訂された。(以下橋面舗装基準)

昭和58年度からは、大鳴門橋および瀬戸大橋の橋面舗装の設計施工を念頭に置き、橋面舗装施工要領、プレキャスト橋面舗装施工要領(案)、寒期施工要領、新材料、新工法、舗装維持管理要領及び橋面舗装の供用性調査などの調査研究が行われ、委員会活動は、瀬戸大橋の供用開始を迎えた昭和63年度に、一応の区切りとされた。

実橋の施工に目を向けると、昭和54年に大三島橋、昭和58年に因島大橋、昭和60年に大鳴門橋、昭和63年に伯方大島大橋および瀬戸大橋、平成3年に生口橋の橋面舗装が実施された。

実橋施工をとおして勉強しながら今日に致っていることを考えると、本四の橋面舗装の具体例として最後に施工した生口橋が最もふさわしいと思われるため、生口橋の施工例を紹介する。また供用性調査においてプリスタリング、舗装面に見られた花咲き現象等の調査が行われたのでこれらについても紹介する。

2. 生口橋の橋面舗装

2.1 概要

生口橋は、中央支間長490mを有する世界最大級の複合斜張橋であり、中央径間が鋼桁、側径間がPC桁である(図-2参照)。鋼桁とPC桁の接合部は、塔中心から中央径間側に2.65m出た位置としているが、この

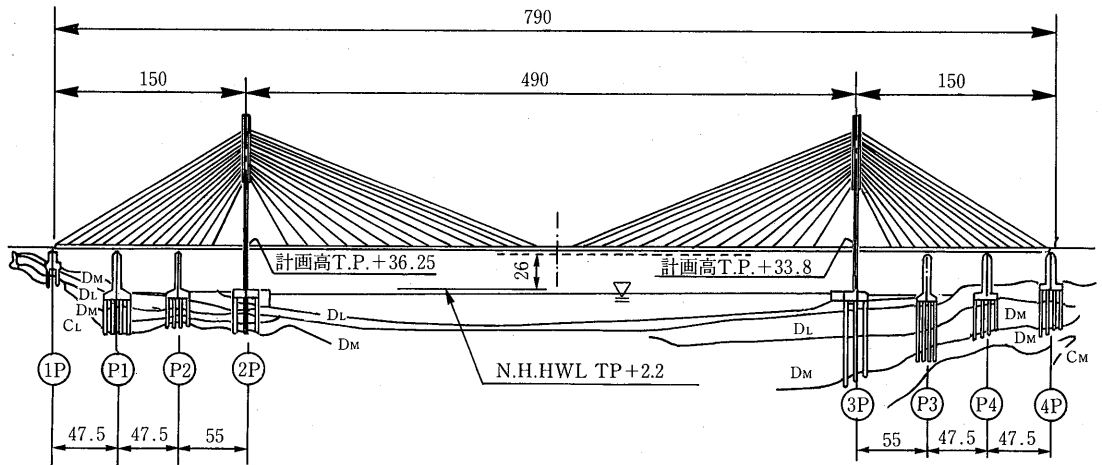


図-2 生口橋一般図(単位:m)

部分の処理の他、以下の留意点がある。

- ① 暫定供用であるため、完成供用時を考慮した舗装構成とする必要がある。
- ② 桁の製作～架設～舗装までの期間が長いので、研掃方法を考慮する必要がある。
- ③ 橋上作業が多いので研掃種別、範囲を考慮する必要がある。
- ④ 鋼桁とコンクリート桁との複合型式であるため、接合部処理について考慮する必要がある。

生口橋の舗装構成を図-3に示すが、鋼床版上の舗装は、完成時施工を考慮して、車道部、自歩道部とも下層を35mm厚のグースアスファルトとし、上層を車道部は、改質アスコン、自歩道部は、密粒度アスコンと

使いわけた。また鋼床版部65mm P C 桁部75mmと10mmの差があるが、これについては、テーパですりつけ、接合部は目地を施工した。

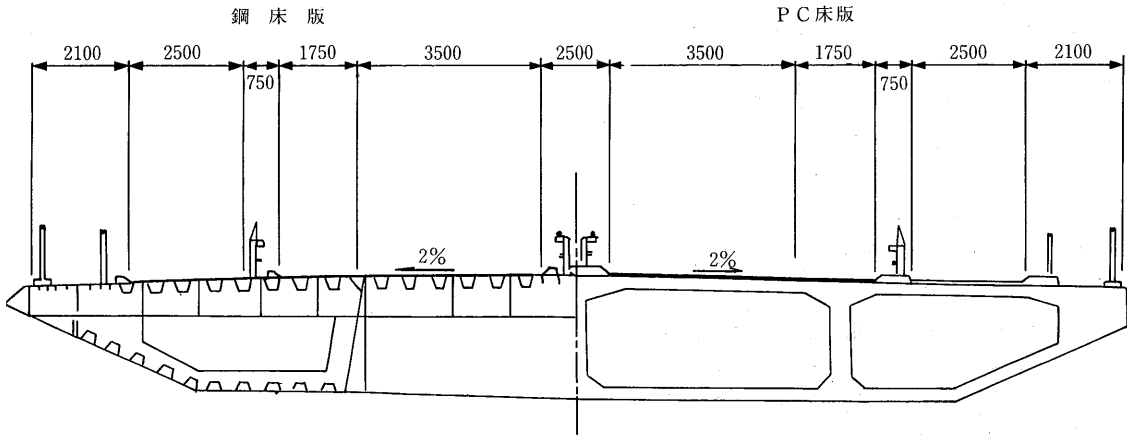
研掃方法及び範囲については、試験施工を実施して検討したのでその内容と結果を以下に示す。

## 2.2 研掃方法の検討

### 2.2.1 鋼床版の状況調査

鋼床版の放置期間が長く、橋上作業も多かったため、鋼床版の表面の状況を表-3の項目毎にスケッチ並びに状況写真により整理した。その結果、表-4に示すように、発錆、キズ、油もれ、タイヤ跡等が多数あり、塗装も劣化していた。これらが接着性を阻害し、プリスタリングの発生及び接着強度の低下につながると思

### 1) 横断構成



### 2) 舗装構成

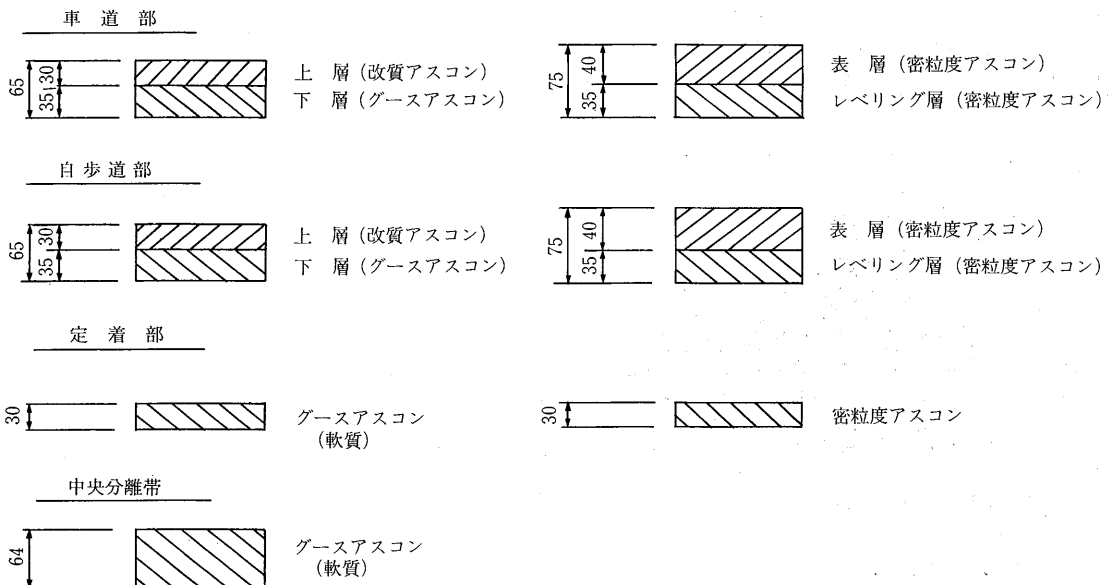


図-3 生口橋の舗装構成 (単位: mm)

表-3 鋼床版調査項目

項目	調査理由
1.溶接, 吊り金具跡	有機ジンの塗布の確認および錆の発生がいちじるしい可能性から位置の調査を行う。
2.発生錆	接着力が低下する可能性から位置の調査を行う。
3.白錆	同上
4.黄い錆	同上
5.キズ	現在はキズであるが、舗装までの期間に錆の発生がありうるので位置の調査を行う。
6.油	プリスタリングの発生原因となつてと思われるので位置の調査を行う。
7.タッチアップ(有機ジン)	接着力が低下する可能性から位置の調査を行う。
8.タイヤ跡	プリスタリングの発生原因となつてと思われるので位置の調査を行う。

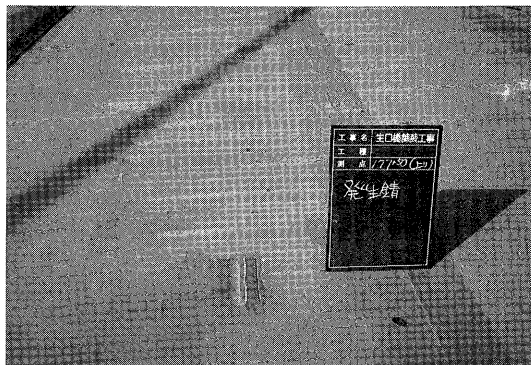


写真-1 生口橋鋼床版の表面状況

定されたため、試験施工を実施して確認した。

2.2.2 確認試験

(1) プリスタリングの発生確認試験

鋼床版上の標準部、油もれ箇所、タイヤ跡、有機ジン塗布部、発錆箇所の5ヶ所を選定し、ケレンの種

表-4 鋼床版状況調査結果

項目	分布状況
1. 溶接線, 吊り金具跡	現場溶接線 橋軸方向は上下線の車道中央にある。(工場ヤード溶接) 橋面直角方向は架設ブロック毎にある。(現場溶接) 工場溶接線 橋軸方向に中央分離帯の中央と上下線、自歩道に各々1本ある。(製作時の溶接) 吊りピース跡 $\ell=16\text{m}$ のブロック 8ヶ所 (車道に左右各2ヶ所・自歩道に左右各2ヶ所) $\ell=10\text{m}$ のブロック 10ヶ所 (車道に左右各2ヶ所・自歩道に左右各3ヶ所)
2. 発生錆	・全面に点在しているが、自歩道、車道路肩部に特に多い。 ・現場溶接線、吊りピースに発生錆が多い。 ・工場溶接線にも発生錆が多い。
3. 白錆	・発生している箇所は架設1ブロック全体に発生している。
4. 黄い錆	・資機材置場を中心に全面にある。
5. キズ	・主にケーブル展開時についたワイヤーキズである。(車道部および中央径間に多い。)
6. 油	・架設作業時は地覆がないため全面を架設重機が走行した関係上、全面に油(軽油)が点在している。特にトラッククレーン等を利用した箇所、車道部に多い。 ・ワイヤーの展開作業で潤滑油(オイル)が点在している。主にケーブル展開が長くなる中央径間付近の車道部に多い。
7. タッチアップ(有機ジン)	・現場溶接線、ヤード溶接線、吊りピース、ハンドホール以外は、ほとんど工場でタッチアップされている。(白錆、キズ等からの発生錆を処置しているようである。)特に中央径間から3P側の鋼床版に多い。 ・現場溶接線は $W=600\text{mm}$ ・ヤード溶接線は $W=300\sim 700\text{mm}$ ・地覆溶接線は 周辺を $100\sim 200\text{mm}$ ・吊りピースは $W=200\sim 300\text{mm}$ } 1. の項目の箇所
8. タイヤ跡	・架設作業時は地覆がないため全面を架設重機が走行した関係上、全面にタイヤ跡がある。特にトラッククレーン等が利用した箇所、車道部に多い。 ・全面を利用しているので全体が黒くなっている。また、重機の転向箇所で発生している。

別を変えた試験舗装を実施し、施工時にプリスタリングが発生するかどうか目視で観察した。試験の組合せを表-5に示す。

なお、1種ケレンは、遠心バキュームブラスト機を使用し、4種ケレンは、ワイヤーポリッシャーを使用した。

表-5 試験の組合せ

鋼床版	ケレン種別	接着層	試験舗設範囲
標準部	1種	有り	自歩道幅員内で行った。
	4種	有り	
油もれ	4種	有り	左記原因のある箇所 50cm×50cmの舗設を行った。
	無し	有り	
	無し	無し	
	無し	無し	
タイヤ跡	4種	有り	
	無し	有り	
有機ジンク	無し	無し	
発錆箇所	無し	無し	

(2) 接着性試験

接着力の一つの目安として、油圧式接着力試験機を用いて引張試験を実施した。試験の組合せは(1)と同じである。

(3) 両試験の結果

プリスタリング発生確認試験結果を表-6に、接着性試験結果を表-7に示すが、下記に示すことが確認

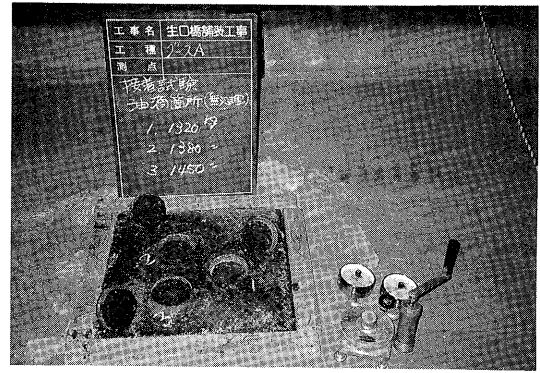


写真-2 油圧式接着力試験機を用いた引張試験

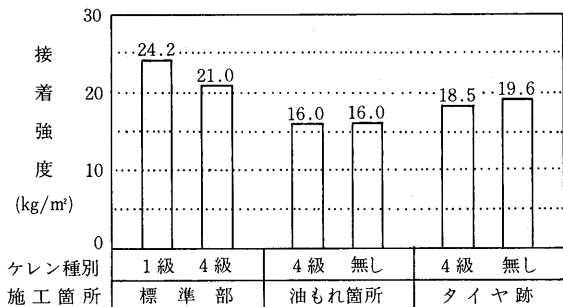
出来た。

- ①油もれ箇所、タイヤ跡は、プリスタリングの原因となり、4種ケレンでは、除去出来ない。
  - ②標準部、油もれ箇所、タイヤ跡ともに、4種ケレンでは、舗装裏面には、かなり大きな気泡が存在する。
  - ③1種ケレンと4種ケレンの接着強度には、差がある。
  - ④油もれ箇所、タイヤ跡は、接着強度が標準部に比べて低い。
  - ⑤有機ジンク、錆は、接着強度に問題がある。
- 以上のことから、発錆箇所、油もれ箇所、タイヤ跡、有機ジンク塗布部（現場溶接線、吊ピース跡、補修箇

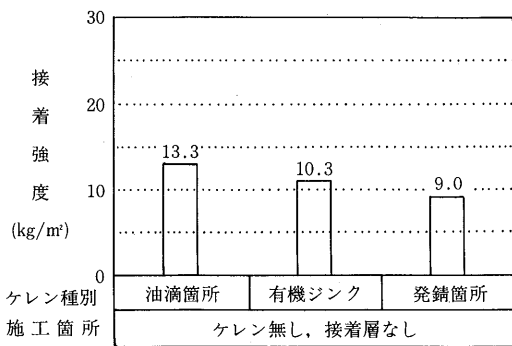
表-6 プリスタリングの発生確認試験結果

鋼床版	ケレン種別	接着層	プリスタリングの発生状況	コア裏面状況
標準部	1種	有り	プリスタリングの発生無し。	ほとんど全面接着。 接着層でできている。
	4種	有り	〃	比較的大きな気泡を有している。 接着層でできている。
油もれ箇所	4種	有り	プリスタリングの発生無し。	比較的大きな気泡を有している。 鋼床版と接着層でできている。
	無し	有り	プリスタリング発生。舗設直後、直径20mm、3~4ヶ空気抜きするがその後も発生。	同上
	無し	無し	プリスタリング発生。舗設直後、直径20mm、3~4ヶ	比較的大きな気泡を有している。
タイヤ跡	4種	有り	プリスタリング発生。舗設後10分以上、直径50~100mm、3ヶ	比較的大きな気泡を有している。 鋼床版と接着層でできている。 プリスタリングの跡が残ったコア有り。
	無し	有り	同上	同上
有機ジンク	無し	無し	プリスタリングの発生無し。	比較的大きな気泡を有している。
発錆箇所	無し	無し	〃	同上

表-7 接着性試験結果



引張試験結果 (1)



引張試験結果 (2)

所)については、全て1種ケレンとすることとした。

次に研掃範囲の設定であるが、鋼床版の表面状況調査の結果によると、錆、補修塗装、油もれ、タイヤ跡等は、全長に渡って発生しており、橋軸方向に範囲を限定することは不可能であった。また海峡部橋梁で、代替道路がないことから、舗装体を強固にしておくことは、将来に向けてメリットがあることも勘案し、研掃の種別と範囲は、下記のとおりとした。

- 1) 車道部および自歩道は、車輛が通行する箇所であるため、舗装体としての均一性が重要であることから1種ケレンとした。
- 2) ケーブル定着部および中央分離帯部は、鋼床版の保護及び排水の処理上必要な箇所であるが、車道部ほどタイヤ跡等がなく、接着強度も必要としないため、4種ケレンで良しとした。

以上のことを考慮して実施工を行ったが、プリスタリングの発生も無く、良好な施工であった。



写真-3 遠心バキュームプラスト機を用いた研掃工

### 2.3 接着層工

接着層は、瀝青ゴム系接着剤(カチコートS)を使用し、 $0.2\text{ l/m}^2$ を2層塗布した。

1層目は、研掃後速かに施工し、2層目は、1層目

施工後3時間以上養生し、その後施工した。2層目施工後の養生期間は、12時間以上とした。

### 2.4 グースアスファルト舗装

#### (1) 配合設計

舗装構成に示すように、今回は、硬質グースアスファルトと軟質グースアスファルトの2種類を使用したため、それぞれについてあらかじめ試験練りを行い、配合を設定した。

グースアスファルト混合物の現場配合は、表-8のとおりである。

表-8 グースアスファルトの配合および性状

		硬質グース	軟質グース	基準値
バインダー量 (%)		8.6	8.9	7~10
骨材配合比	6号砕石	29	26	—
	7号砕石	22	19	
	粗砂	23	29	
	石粉	26	26	
% 合成粒度	ふるい目 13.2 mm	99.7	99.7	100
	4.75	71.3	74.3	65~85
	2.36	48.8	53.8	45~62
	0.6	37.4	40.3	35~50
	0.3	29.4	30.4	28~42
	0.15	26.2	26.3	25~34
	0.075	25.8	25.9	20~27
リエール流動性 (240°C) sec		18	8	20以下
貫入量 (mm)		1.53	3.4	1~4
曲げ破断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		8.9	—	8.0以上
動的安定度 (回/mm)		435	—	350以上

#### (2) 製造、運搬

グースアスファルトは、尾道市内にある既設プラント(90 t/hr)を一部改造して製造した。混合目標温

度を190℃～210℃に設定し、プラントで出荷した混合物をクッカー車に積載し予備クッキングを行った後、現地へ運搬した。運搬距離は、約22km、所要時間約30分であり、現場到着後、再び予備クッキングを行い、混合物温度を220℃まで加熱し、舗設に備えた。

### (3) 舗設

#### 1) 硬質グースアスファルト (機械施工)

クッカー車でのクッキング終了後、排出温度、リュエル流動性を確認し、フィニッシャーに投入した。現場での目標温度は、240℃、リュエル流動性は、20sec以下とした。

舗設中は、車道部を2レーン ( $W_1=2.9m$ ,  $W_2=2.75m$ )とし、自歩道部を $W=2.5m$ 、全巾施工とした。

施工機械は、グースフィニッシャー ( $W=2.5m$ ～ $4.0m$ ) 1台と、8t積級クッカー車5台により行った。

施工速度は、フィニッシャー速度よりもプラント能力に支配され、 $1,400m^2/日$  (約 $1,200t/日$ )であった。

#### 2) 軟質グースアスファルト (人力施工)

中央分離帯、ケーブル定着部は、防護柵支柱等により、機械施工ができない為、軟質グースを用いた人力施工とした。舗設には、1輪車を用い、木ゴテなどで仕上げた。

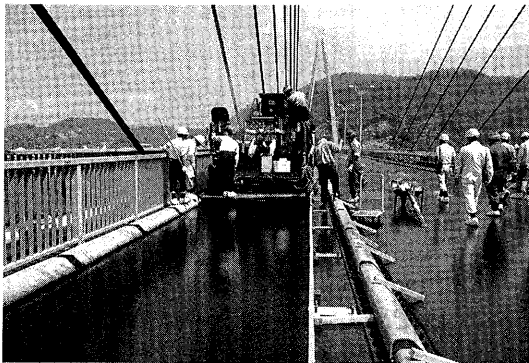


写真-4 グースアスファルトの舗設状況

## 2.5 改質アスファルト舗装

### (1) 配合設計

橋面舗装基準を基に、表-9に示す現場配合にて実施した。

### (2) 製造及び運搬

混合物は、目標温度を200℃として三原市内で製造され、ダンプトラックで運搬された。

表-9 改質アスファルト混合物の配合及び性状

		改質アスコン	基準値
バインダー量 (%)		5.8	5～7
骨材配合比 %	6号砕石	37.0	—
	7号砕石	21.0	
	粗砂	22.0	
	スクリーニングス	15.0	
	石粉	5.0	
合成粒度	20	100	100
	13	98.8	95～100
	10	—	—
	5	64.0	55～75
	2.5	42.8	35～50
	0.6	25.8	18～30
	0.3	13.2	10～21
	0.15	7.7	6～16
0.074	6.0	4～8	
50回突固めによるマシヤル性状	密度 ( $g/mm^3$ )	2.406	—
	空隙率 (%)	3.4	3～5
	飽和度 (%)	79.9	75～85
	安定度 (kg)	1,172	1,000以上
	フロー値 (1/100cm)	32	20～40

### (3) 舗設

舗設に先立ってタックコート ( $0.4l/m^2$ )を均一に散布した後、フィニッシャー1台にて舗設し、その後、マカダムローラ、タイヤローラを用いて転圧を行った。

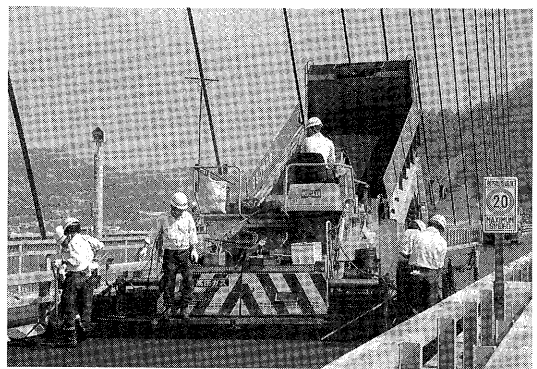


写真-5 改質アスファルト混合物の舗設状況

## 2.6 接合部処理

接合部については、舗装終了後、巾1.5cm、深さ3cmのミゾをカッターで作リ、表-10に示すゴム系目地材を注入して処理した。

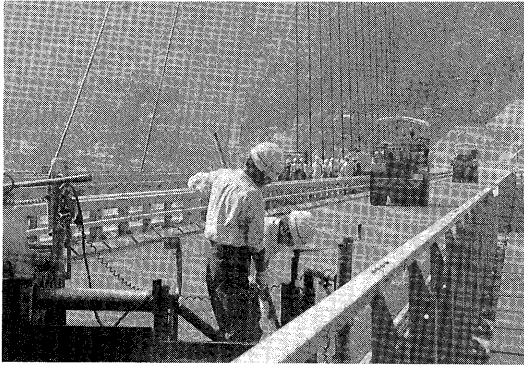


写真-6 改質アスファルト混合物の転圧状況

次に、参考までに、これまでの本四橋橋面舗装（車道部）の実績表を表-11に示す。

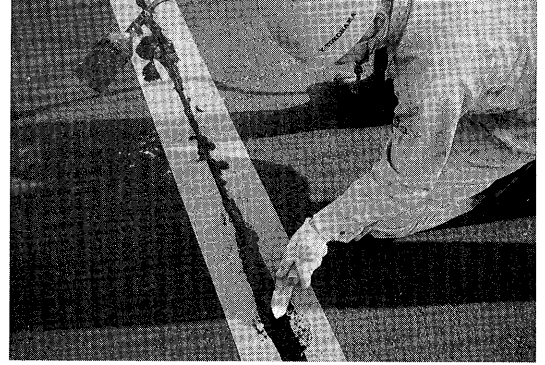


写真-7 接合部の目地材施工

表-10 目地材料仕様

比重	1.05±0.1
針入度	20~40
軟化点	100
流れ	5以下

### 2.7 自歩道部舗装表面処理

自歩道部舗装構成は前出のとおりであるが、本橋部に取付く県施工分をカラー舗装とすることから、合わせてカラー舗装とした。色は、緑色とし、プライマー塗布後、1層目をゴムレキによって塗布し、2層目を1層目が完全に硬化したのちローラ刷毛によって均一に塗布した。

以上のように生口橋の橋面舗装を平成3年8月~9月の2ヶ月間で無事終了した。

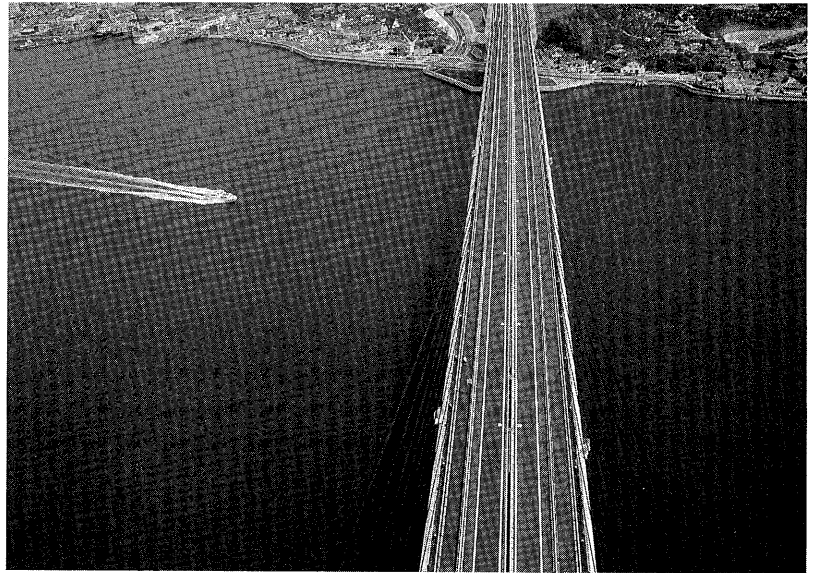


写真-8 生口橋完成写真（塔頂より）

表-11 橋面舗装（車道部）の実績

橋名 項目	大三島橋	門崎高架橋	因島大橋	大鳴門橋	伯方大島大橋	瀬戸大橋	生口橋
施工年月	昭和54年3月	昭和58年4月	昭和58年7月 昭和58年8月	昭和59年9月~12月 昭和60年3月~5月	昭和62年4月 昭和62年10月	昭和62年6月 昭和62年12月	平成3年8月 平成3年9月
鋼床版上面の塗装	鋼格子床版	厚膜型無機ジンク 50μ	無機ジンク 20μ	厚膜型無機ジンク 50μ	厚膜型無機ジンク 50μ	厚膜型無機ジンク 50μ	厚膜型無機ジンク 50μ
鋼床版研掃工	—	4種又は3種ケレン	1種ケレン	4種ケレン	3種又は1種ケレン	1種ケレン	1種ケレン
接着層	ゴム溶剤	瀝青ゴム系接着剤	瀝青ゴム系接着剤	瀝青ゴム系接着剤	瀝青ゴム系接着剤	瀝青ゴム系接着剤	瀝青ゴム系接着剤
舗装本体下層	—	グース 35mm	グース 35mm	グース 35mm	グース 35mm	グース 40mm	グース 35mm
タックコート	—	ゴム入りアスファルト乳剤	ゴム入りアスファルト乳剤	ゴム入りアスファルト乳剤	ゴム入りアスファルト乳剤	ゴム入りアスファルト乳剤	ゴム入りアスファルト乳剤
舗装本体上層	改質I型 40mm	改質I型 30mm	改質I型 30mm	改質I型 30mm	改質I型 30mm	改質I型 35mm	改質I型 30mm



舗装厚の合計は、瀬戸大橋以外（大三島橋は、鋼床版でないため除外する）については、65mmである。これは、溶接継手を前提とし、経済性、耐久性を考慮した舗装の最小必要厚60mmに鋼床版上の凹凸及び吊ピースの跡等を考慮して+5mmとしたものである。

瀬戸大橋については、以下に示す特殊事情を考慮し、舗装厚の再検討を行った。

①他のルートでの完成までは、Dルートが代表ルートであり、交通量が多いと予想される。

②Dルートは、橋梁群の連続であり、全舗装面積に対する鋼床版舗装面積の比率が高いため、将来の補修等にも配慮する必要がある。

このようなことから検討を進め、以下に示す総合的判断から、舗装厚75mmを採用することとした。

a) 舗装中に発生する応力、ひずみが小さいので、ひび割れが生じにくく耐久性があること。

b) 舗装にわだち掘れが生じたり、摩耗しても、補修が容易であること。

c) 補修費を考えれば、経済的に不利ではないこと。舗装本体の上層と下層の組合せは、上層改質I型、下層グースで統一されている。この理由は、以下による。

①硬化性アスファルト混合物は、室内実験では優れた耐疲労性等のデータが得られたが、試験施工において施工が難かしく、供用時にひび割れが発生しやすいことが判明したため、採用を見合わせた。これは、熱硬化性樹脂で変成したアスファルトがある条件で熱を加えられると硬化し、強度が増加していく性質にあるため、厳しい温度一時間管理が必要となり、現場でのこの管理が非常に難しいためである。

②上層には、動的安定度が大きく、流動抵抗性が高い、改質アスファルト混合物を採用し、下層には、防水層の施工性を評価すると、防水層を省略出来るグースアスファルトが有利と考えて、グースアスファルトを採用した。

次に研掃工に着目すると、ケレンのグレードにバラツキが見られる。これは、架設方法により橋上の使用状況に違いがあること、塗装してから研掃工までの期間が違うことなどが考えられる。

### 3. ブリスタリング

供用後の橋面調査によると、大鳴門橋、伯方大島大橋にブリスタリングの発生が見られ、滞留水分や水分

の持ち込み、油脂類の付着等が主な原因と推定された。

このため生口橋では、前出の研掃工により、油脂類等の除去を徹底して行うほか、以下に示す対策により、ブリスタリング発生の防止に努めた。

①クッカー車のタイヤによるゴミ、ほこり等の異物の持ち込みを防ぐため、鋼床版への入口にコンプレッサを設置し、タイヤの清掃を行った。

②結露の有無を確認し、水分が確認された場合には、ゴムレーキ、モップ、ウェス等で完全に水分除去を行うとともに、結露発生の心配のない温度まで待機した。

③舗設作業に関わる作業員及び関係者の作業靴によるゴミ、ほこり等の持ち込みを防ぐため、靴カバーの着用を義務付けた。

④機械へのアスファルト付着防止として用いる石粉（炭酸カルシウム）の使用量を最小限とするとともに、飛散した石粉については、モップ、ウェス等で清掃した。

ブリスタリングが発生した場合の対処方法は、「本州四国連絡橋、鋼床版舗装の維持修繕要領（案）」の中で検討されているので、その一部を紹介する。

1) ブリスタリングの発生が発見された場合には、全体的な大きさ、個数、進行状況等を把握するため次の調査を行う。

(1)ブリスタリングの最高高さならびに形状測定

(2)ブリスタリングの直径ならびに数

(3)ブリスタリングのひび割れ状況

なお、ブリスタリングの個数が多く、またその進展が著しい場合など更に詳細な調査が必要な時には開削調査や、グースアスファルトの回収アスファルト物性調査を行う。

同要領では、個々の調査方法について具体的に記述されているが、ここでは割愛させて頂き、次に舗装の復旧方法について紹介する。

a) 舗装の復旧方法

①開削調査終了後、影響範囲と判断された面積にカッターを入れる。(グースアスファルトの下面2cm程度は残す。図-4)

②路面が乾いた後、ブレーカ等で舗装をはぎ取る。

③鋼床版面を研掃する。コアカッターブレードで傷がついている箇所は、特に入念にする。

④接着層を施工し、充分養生する。

⑤グースアスファルトを所定の厚さに舗装する。

復旧総面積が5㎡以下のごく小規模の場合には、

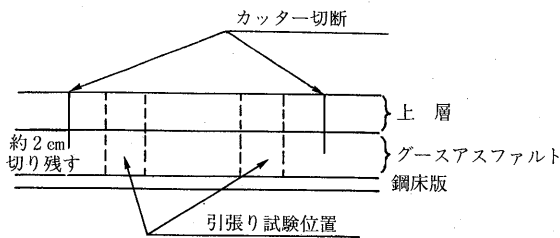


図-4 カッター切断要領

あらかじめ作製したグースアスファルトのプロックを現場近くにて再加熱して使用するか、配合試験用クッカーを用いて製造してもよい。

⑥上層を施工する。なお、施工ジョイント面のタックコートはしっかりと行う。

参考のため、実際に発生した例を写真-9に示す。

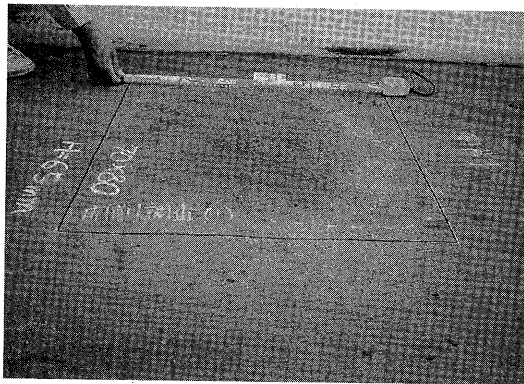


写真-9 プリスタリングの発生状況

#### 4. 花咲き現象

昭和63年9月に児島・坂出ルート of 路面状況調査を実施したところ、北備讃瀬戸大橋から南備讃瀬戸大橋にかけて無数の赤錆によると思われる赤い斑点が見られた。これは通常花咲き現象と呼ばれているものである。

##### 4.1 発生原因

アスファルト舗装の花咲き現象は、一般に舗装路面上にアバタ状の小穴が発生し、そのまわりは、褐色等の錆色を呈し、噴火状の破損現象を生ずるもので、この原因としては、次の2つが考えられる。

- ①骨材中の硫化鉄 ( $\text{FeS}_2$ ) の存在に起因する場合
  - ②骨材中の遊離石灰 ( $\text{CaO}$ ) の存在に起因する場合
- ②については骨材として製鋼スラグを使用した場合であり、今回については、①が有力な発生原因と思われる。

その後の追跡調査によると、今のところ顕著な進行は認められず、すでに舗装の比較的表面付近の酸化は、ほぼ完了した状態にあるようにも思われるが、今後も定期的に追跡調査する予定である。

##### 4.2 今後の対策

今後の舗装において、花咲き現象を予防するためには、骨材の事前調査が重要であり、花咲き現象に対しては、硫化鉄の含有量が小数第2位程度であれば問題ないという報告もあるので、表層混合物中に含まれる硫化鉄の量を調査することも必要であると思われる。

今回のように、すでに錆が発生し、さらに赤錆が著しく進展する場合には、 Fog Seal や シールコート をするなどの対策が考えられ、また、レーンマークの汚れが著しく、走行時の視認性に悪影響を及ぼすようであれば、新たに引き直す必要も今後生じる可能性がある。

参考までに花咲き現象の例を写真-10に示す。

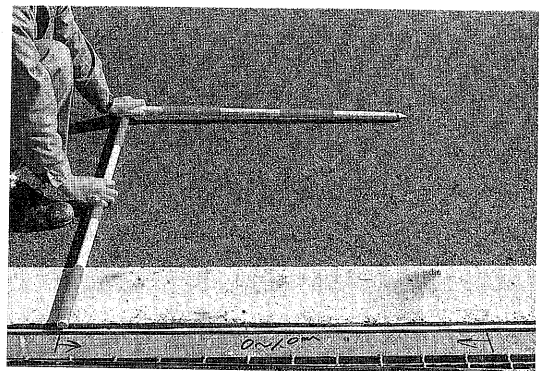


写真-10 花咲き現象

#### 5. あとがき

本州四国連絡橋における舗装技術について、きわめて概括的に記述したので、詳細については、下記の参考文献を参照されたい。また、新材料及び新工法についての検討及び幸いにしてDルートでは順調な工程の進捗により、当初想定された厳しい寒期施工は避けることが出来たが、寒期舗装施工要領(案)などが、今後の舗装技術の発展に大いに役立つことを期待している。

最後になりましたが、鋼床版上の橋面舗装について検討当初から生口橋の完成まで、率先して御指導、御検討いただいた多田委員長(財道路保全技術センター理事長)はじめ委員各位並びに関係された皆様へ改めて感謝の意を表すと共に、今後の明石海峡大橋、来島大橋、多々羅大橋などの施工をひかえ、ますますの御指導、御鞭撻を宜しくお願いするところであります。

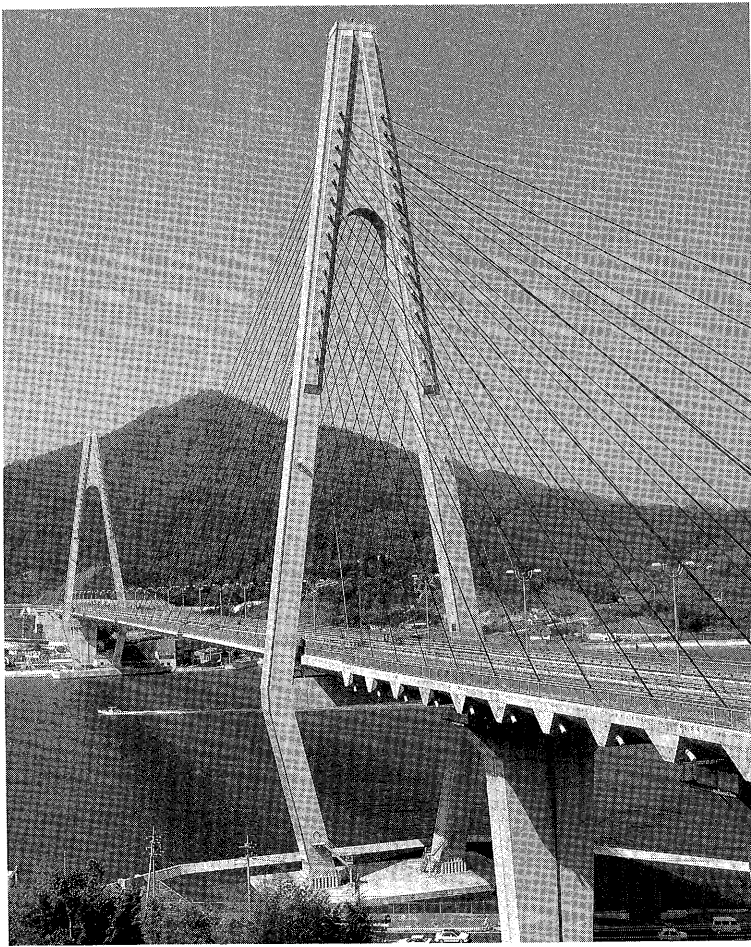


写真-11 完成した生口橋

— 参考文献 —

- 1) 多田宏行：鋼床版舗装の設計と施工，鹿島出版社，1990
- 2) 本州四国連絡橋橋面舗装基準（案），本州四国連絡橋公団，昭和52年3月，昭和58年4月
- 3) 本州四国連絡橋の橋面舗装に関する調査研究報告書，財海洋架橋調査会，昭和54年3月～平成元年3月
- 4) 山縣 守，福本英一郎：大三島橋の床版と橋面舗装，本四技報，No.9 '79.7，P.31～P.39
- 5) 村上憲司，新田篤志：鋼床版舗装，本四技報，No.22 80.10，P.23～P.29
- 6) 岸本良考，小林義弘：因島大橋の橋面舗装，本四技報，No.29 '84.6，P.26～P.32
- 7) 吉田 修，中尾俊哉：門崎高架橋の橋面舗装，本四技報，No.30 '84.7，P.2～P.6
- 8) 湊田政信，川西芳則：大鳴門橋の橋面舗装，本四技報，No.36 '85.12，P.38～P.42
- 9) 日高裕二：伯方・大島大橋の橋面舗装，本四技報，No.46 '88.4，P.28～P.34

☆

☆

☆

☆

☆

☆

## アスファルト舗装工学の発展を目指して(10)

社会生活において、我々は屢々ものごとの良し悪しの評価をしなければならない。それは、食べ物の味であったり、女性の美しさであったり、家屋の住み易さであったり、様々である。とりわけ、人物の能力を総合的に評価するようなことは難儀である。たとえば、定員80名の大学の学科に300名の応募者がいた場合、一般には数教科の科目試験を課し、その何らかの重み付きの総合点を計算して合否を判定する。その人間の人間性や運動能力あるいは他の科目についての理解度などについての情報は、実施した数教科の入学試験結果と強い相関にあるだろうという推定と、履歴書、内申書、面接などから付加的に得られる情報とで総合的に判定される。この際、どの教科を入試科目に選ぶか、どのような問題を出題するか、どのような配点にするか、付加的情報をどのように取り扱うかで、受験生のうち誰が入学できるかは非常に大きく変動するであろう。ここに、1科目に高得点をあげれば他は0点でもよいなどというルールが入り込むと尚更である。

今回の報告でとりあげた舗装表面の評価方法も、この入学試験と非常に似た側面を持っているように思う。すなわち、「わだち掘れ」、「ひびわれ」、「平坦性」という3つの科目について、決められた方法で試験を課し、決められた方法で得点配分を行って総合点を算出し、「すべり」、「美観」などの面接や、「構造的健全度」などの内申書の結果を参考にして最終的に維持修繕の必要性や優先順位が決定されていると言ってよいであろう。

今回の報告では、主に舗装表面の状態の合否を判定するに当たって各科目の内容や試験方法あるいは最終的な合格発表がどのように行われているかの現状と問題点を中心にまとめて頂いた。新しい視点(科目)である乗心地についてもかなりの紙面をさいてまとめて頂いた。もう一度、良い舗装、悪い舗装を見分ける原理について、原点に立ち返って理解する資料にして頂ければ幸甚である。

(姫野賢治)

### アスファルト舗装技術研究グループ名簿

\*は班長

姫野賢治 北海道大学工学部土木工学科

阿部長門 東亜道路工業(株)技術研究所  
 飯田健一 鹿島道路(株)技術研究所  
 伊藤達也 日瀝化学工業(株)技術研究所  
 伊藤春彦 東亜道路工業(株)技術部  
 梅野修一 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室  
 岡藤博国 世紀東急工業(株)技術部技術開発課  
 小笠幸雄 大林道路(株)企画室企画課  
 笠原彰彦 日本舗道(株)技術研究所  
 川西礼緒奈 日瀝化学工業(株)業務開発部  
 川端浩平 日本舗道(株)技術研究所  
 久下晴巳 日本道路(株)技術本部技術研究所  
 佐々木 巖 建設省土木研究所地質化学部化学研究室  
 佐藤雅規 世紀東急工業(株)技術研究所  
 菅野伸一 常盤工業(株)技術研究所  
 杉内正弘 飛鳥道路(株)技術研究所  
 鈴木秀輔 大成ロテック(株)技術研究所開発研究室  
 高橋 修 長岡技術科学大学建設系  
 竹井利公 熊谷道路(株)技術研究所

田中耕作 鹿島道路(株)技術部  
 田中輝栄 東京都建設局道路管理部保全課  
 田中秀明 東亜道路工業(株)技術研究所  
 \*谷口豊明 大林道路(株)技術研究所施工研究室  
 野村健一郎 大成ロテック(株)技術研究所開発研究室  
 野村敏明 日瀝化学工業(株)技術研究所  
 八谷好高 運輸省港湾技術研究所土質部  
 \*藤田 仁 日本道路(株)技術本部技術部調査課  
 増山幸衛 世紀東急工業(株)技術部技術開発課  
 水口浩明 前田道路(株)技術研究所  
 \*南沢輝雄 (株)パスコ道路技術センター情報技術部技術課  
 \*峰岸順一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室  
 村田信之 日本舗道(株)技術研究所  
 森久保道生 昭和シェル石油(株)中央研究所第三グループ  
 山本達哉 大成ロテック(株)技術研究所  
 湯川ひとみ 鹿島道路(株)技術研究所  
 横山 稔 昭和シェル石油(株)アスファルト部販売課  
 \*吉村啓之 前田道路(株)技術研究所第一研究室

# ひびわれの評価

南 沢 輝 雄\*

## 1. はじめに

舗装の評価は、大別すると路面の評価と構造の評価に分けられる。今回は、路面の評価を中心として、各国のアスファルト舗装の代表的な評価項目である「ひびわれ」、「わだち掘れ」、「平坦性」の3要素とそれらの組み合わせから求められる「路面の総合的評価」の4テーマについて報告させて頂く。まず、ひびわれの評価について、その現状と課題について紹介する。

ひびわれは供用後ある年数が経過した後、ヘアークラックとして発生し、発生し始めると進行の度合いが著しくなる。その結果、雨水が進入し、アスコン層の破壊や路盤、路床の支持力の低下をもたらす。舗装の寿命を短くする。また、ひびわれは舗装の耐久性に直接的に影響することが多いため、路面の評価や補修時期とその対応工法の決定に欠かせない要因となっている。

## 2. ひびわれに関する破損項目と発生要因

### 2.1 ひびわれに関する破損項目

わが国の道路維持修繕要綱<sup>1)</sup>におけるアスファルト舗装の破損は、主として路面性状に関する破損と構造に関する破損とに分けられる。前者は、道路利用者の走行性といった舗装が本来保有している機能の低下と結びついた路面性状に係わる破損であり、後者は、舗装を構成する各層の交通荷重に対する支持力あるいは耐久性の低下と結びついた舗装に係わる構造的な破損である。このうち、ひびわれに関する破損は、路面性状に関する「局部的なひびわれ」とそれがさらに進行した構造に関する「全面的なひびわれ」がある。

一方、FHWA(米国連邦道路局)におけるアスファルト舗装の破損分類<sup>2)</sup>は表-1の通りである。ひびわれは、主に交通荷重に起因して発生する「荷重に起因するひびわれ」と主に環境条件や材料条件に起因して発生する「荷重に起因しないひびわれ」がある。また、

SHRP(米国新道路計画)におけるアスファルト舗装の破損分類<sup>3)</sup>は表-2の通りであり、ひびわれに関する破損は、「ひびわれ」と「パッチングとポットホール」がある。

表-1 FHWAにおけるアスファルト舗装の破損分類<sup>2)</sup>

1) 荷重に起因するひびわれ ①網状(疲労)ひびわれ, ②舗装端部ひびわれ, ③ポットホール
2) 荷重に起因しないひびわれ ④縦ひびわれ, ⑤横ひびわれ, ⑥ブロックひびわれ, ⑦引裂ひびわれ, ⑧車道と路肩の継目の開き, ⑨ジョイントリフレクションクラック
3) 変形 ⑩わだち掘れ, ⑪コルゲーション, ⑫盛り上がり, ⑬沈下, ⑭隆起, ⑮路肩の崩れ
4) 材料に関する表面欠陥 ⑯ブリージング, ⑰ポリッシング, ⑱ラベリング, ⑲ウェザリング
5) 維持 ⑳薄層パッチング, ㉑局部パッチング, ㉒クラックシール

表-2 SHRPにおけるアスファルト舗装の破損分類<sup>3)</sup>

1) ひびわれ ①網状(疲労)ひびわれ, ②ブロックひびわれ, ③舗装端部ひびわれ, ④縦ひびわれ, ⑤ジョイントリフレクションクラック, ⑥横ひびわれ
2) パッチングとポットホール ⑦パッチング, ⑧ポットホール
3) 表面変形 ⑨わだち掘れ, ⑩盛り上がり
4) 表面欠陥 ⑪ブリージング, ⑫ポリッシング ⑬ラベリングとウェザリング
5) その他破損 ⑭路肩の崩れ, ⑮車道と路肩の継目の開き, ⑯水のブリージングとボンピング

\*みなみさわ てるお (株)パスコ道路技術センター情報技術部技術課

## 2.2 ひびわれの発生要因

ひびわれの発生は、図-1に示すように、交通条件、気象・環境条件等の外的要因と構造条件、材料・配合条件、施工条件等の内的要因のもとで供用している舗装が、混合物の疲労・永久変形、温度収縮等により破壊して起こるものと考えられる<sup>4),5)</sup>。しかし、これらの要因は、独立に影響するのではなく、それらの相乗作用により種々の要因が複雑に関連しあっており、どの要因がどの程度影響しているかを定量的に把握することは難しく、ひびわれの発生要因やメカニズムはまだ十分解明されていない。

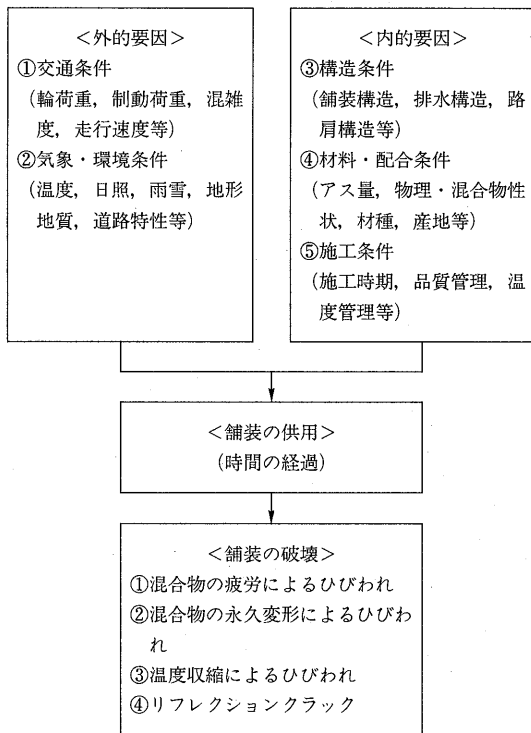


図-1 ひびわれの発生メカニズム

一般に、ひびわれの主な発生原因としては、交通荷重、路床・路盤の支持力不足、アスファルト量不足、アスファルトの劣化、施工および管理の不適等があげられる<sup>6)</sup>。また、ヘアークラックは、アスファルト混合物を舗設する際の転圧時に、混合物、フィニッシャ、ローラ等の原因により発生することがある<sup>7)</sup>。

## 3. ひびわれの評価

ひびわれは、ヘアークラック等の初期段階においては、走行の快適性や安全性等、道路利用者に対してはほとんど障害にならない。したがって、ひびわれの評

価は、路面性状に関する破損程度や舗装構造の健全度等、道路管理者による評価が主体となる。

### 3.1 ひびわれの測定方法

#### (1) スケッチによる方法

スケッチによる方法は、観測者が路面に生じたひびわれを写生して、ひびわれ率を算出する方法で、ひびわれについての詳細調査に用いられる<sup>8)</sup>。

#### (2) 路面性状測定車による方法

路面性状測定車は、舗装の維持修繕計画等に必要データを収集するため、高速かつ大量の測定を行う場合に用いる方法である<sup>9)</sup>。ひびわれの測定を目的とした路面性状測定車は、走行速度と同調させることによって、ストリークカメラやビデオカメラを用いて連続的に路面の状態を撮影し、撮影された画像からひびわれを読みとる装置である。

これらの測定装置は、建設省の建設技術評価制度「路面性状自動測定装置の開発」において評価されたものであり、①測定の迅速性(10km/h程度以上の走行速度)、②データ処理の迅速性、③測定精度(ひびわれ幅1mm以上の認識)、④安全性、⑤経済性の評価項目が設定されている。

#### (3) 目視による方法

前述のスケッチや路面性状測定車による方法は主に定量的な測定法であるが、目視による方法はひびわれの大小等の主観評価による定性的な測定法である。わが国では高速道路や地方道の一部で実施されており、日本道路公団で試行した手法<sup>9)</sup>の調査票を表-3に示す。この方法は視察者がひびわれ調査票に基づいて路肩を走行する車両に同乗し、ひびわれの程度、種類、位置等を調査するものである。なお、ひびわれが認められた箇所については、路面性状測定車により定量的な調査を行なうものとしている。

表-3 日本道路公団のひびわれ調査票(目視法)<sup>9)</sup>

<ひびわれ調査票>		道路名:			
		調査年月: 昭和□□年□□月□□日			
		上下(上: 1, 下: 2) □			
キロポスト	程 度	車 線	種 類	道路構造	備考
(自)	1. 少ない	1. 走行	1. 縦	1. 土工	
	2. 中程度	2. 追越	2. 横	2. 切盛境	
(至)	3. ひどい	3. その他	3. 面	3. 橋	
			4. ポット ホール	4. トンネル	

### 3.2 ひびわれの評価方法

ひびわれを評価する場合、ひびわれの発生程度から量的に評価する方法とひびわれの発生形態から質的に評価する方法が考えられる。量的評価ではひびわれ率等の経時的变化より、補修時期の推定に利用でき、質的評価ではひびわれの種類、発生原因等を把握することにより、補修工法の選定に利用できる。

#### 3.2.1 量的評価

ひびわれの量的評価としては、舗装表面のひびわれの占有割合であるひびわれ率による評価方法と最大ひびわれ幅による評価方法が考えられる。わが国では、アスファルト舗装の測定結果を調査対象区間面積に対するひびわれおよびパッチング面積の占める割合を示すひびわれ率で評価する方法が多い。ひびわれ率の算出は、線状ひびわれの幅を0.3mと見なしてひびわれ面積を算出する面積法と0.5×0.5mのます目の中のひびわれの有無によって判断するメッシュ法があり、一般にはメッシュ法が採用されている<sup>8)</sup>。

#### 3.2.2 質的評価

ひびわれの発生形態を分類することにより、ひびわれの発生形状、位置、原因等を推定することができる。発生形状では、ひびわれの幅、長さ、深さ、方向、広がり等、発生位置では、土木部、橋梁部といった構造物の種類や車道部、路肩部、ジョイント部、車輪走行位置の中央、側方等により分類できる。また、発生原

因では、舗装をとりまくすべての要因が考えられ、交通条件、気象・環境条件、構造条件、材料・配合条件、施工条件等から分類できる。さらに、これらのひびわれが混合物の疲労による破壊、混合物の永久変形による破壊、温度収縮による破壊、リフレクシオンクラック等の舗装の破壊メカニズムから分類する方法も考えられる。

ひびわれの質的評価として、わが国と米国におけるひびわれの分類および評価方法の事例を以下に示す。

#### (1) わが国のひびわれ分類

わが国の一般道路および高速道路（日本道路公団）におけるひびわれの分類<sup>4),10)</sup>は、図-2、図-3の通りである。一般道路の内、明らかに構造的な破損を伴うひびわれとしては、路床路盤によるひびわれと網状ひびわれであり、構造的な補強が必要となる。また、高

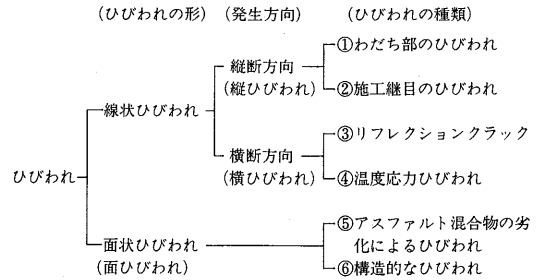


図-3 高速道路におけるアスファルト舗装のひびわれ分類<sup>10)</sup>

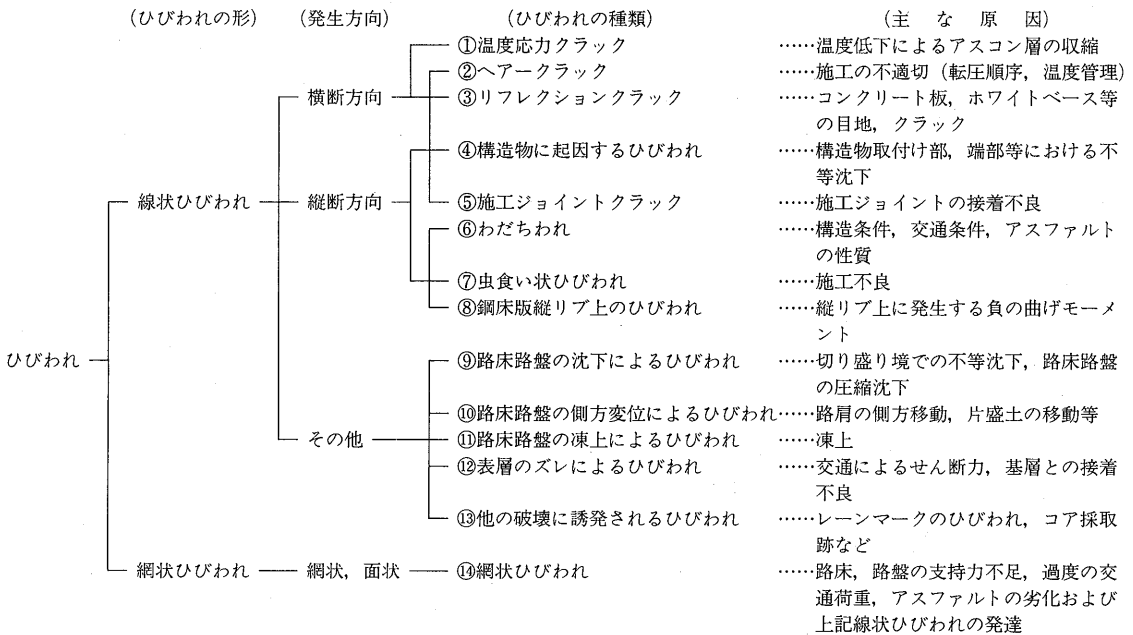


図-2 一般道路におけるアスファルト舗装のひびわれ分類<sup>4)</sup>

速道路では、一般道路に比べ、ひびわれの発生は少なく、その種類も限られている。

### (2) FHWAの評価方法

FHWAのプロジェクトレベルにおける破損程度の評価<sup>2)</sup>は、図-4に示した9種類のひびわれ毎に、小 (Low), 中 (Medium), 大 (High) の3ランクに破損程度を評価している。また、ネットワークレベルでは、①荷重に起因するひびわれ、②荷重に起因しないひびわれ、③変形、④材料に関する表面欠陥、⑤維持の各破損項目毎に、無 (None), 小 (Low), 中 (Medium), 大 (High) の4ランクに判定し、その判定結果を重みづけてして算出するPDI (Pavement Distress Index) を用いて、道路ネットワークの概要を最良で100点、最悪で0点となるように定量的に評価している<sup>1)</sup>。

### (3) SHRPの評価方法

SHRPでは、図-5に示した8種類のひびわれ毎に、縦ひびわれ等は長さ、網状ひびわれ等は面積、ポット

ホール等は個数を測定し、小 (Low), 中 (Moderate), 大 (High) の3ランクに破損程度を評価している<sup>3)</sup>。

### 3.3 ひびわれ評価の課題

#### (1) 測定・評価方法

ひびわれ率による評価は、線状、面状による面的な発生程度だけを量的に評価するネットワーク的な評価であるため、ひびわれの種類や発生原因が不明であり、舗装の適切な補修時期、補修工法の検討が困難である。今後、ひびわれの発生形態や発生位置等の質的な評価も加味し、補修と直接関係づけられるプロジェクト的な評価法も必要となる。また、最近、グラフ理論やフラクタル次元等の幾何学的分析<sup>12),13)</sup>により、ひびわれを評価する方法が研究されており、実用化が望まれる。

#### (2) 評価単位区間

評価対象区間の単位長は、一般に100m程度で評価している。ひびわれの発生状況は一律でないため、評価単位延長が異なるとひびわれ率や発生形態も変化する。

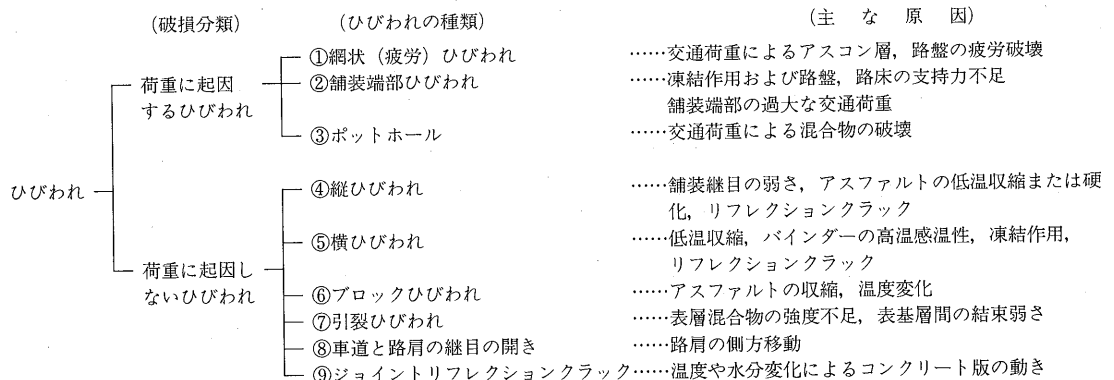


図-4 FHWAにおけるアスファルト舗装のひびわれ分類<sup>2)</sup>

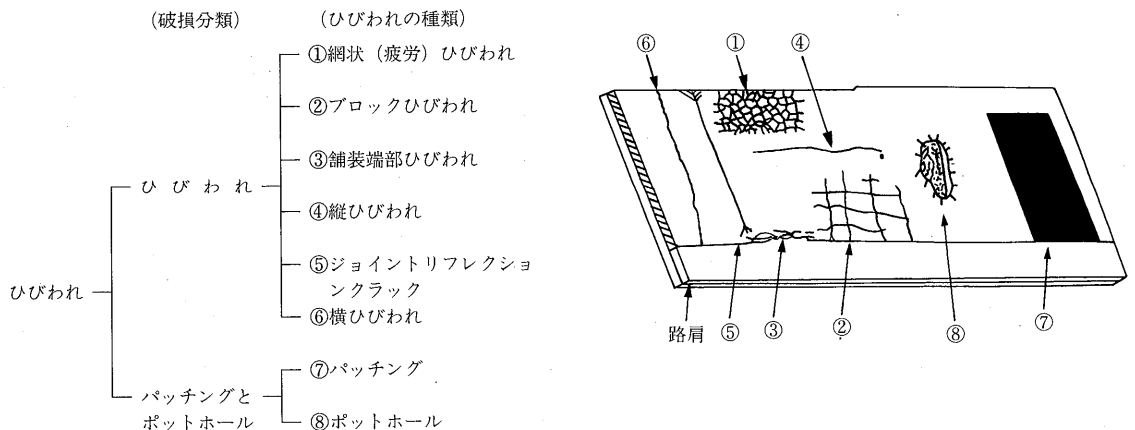


図-5 SHRPにおけるアスファルト舗装のひびわれ分類<sup>3)</sup>



したがって、実際に行う補修延長を踏まえた上で、局部的なひびわれも適正に評価できる方法も検討する必要がある。

### (3) 予測手法

ひびわれは一度発生すると急激に進行するため、その発生時期、進行量を予測することが重要である。そのためには、どのような環境のもとで、どのような種類のひびわれが、どのように発生、進行するかを明らかにし、的確にひびわれを予測する手法が望まれる。

### (4) 評価基準

道路維持修繕要綱<sup>1)</sup>では、維持修繕要判断の目標値として、一般道路で30~40%、自動車専用道路で20%が設定されている。ひびわれは、わだち掘れやすべり等に比べて、車両の走行性や安全性に対する直接的な影響は少ないため、舗装の耐久性や構造の機能を主体とした評価基準となる。今後は、舗装のライフサイクルコストを検討し、地域特性を考慮した合理的なひび

われの評価基準を設定する必要がある

## 4. おわりに

ひびわれの発生は、内的要因と外的要因がすべて同一な箇所であれば、同じ時期に同じひびわれが発生することになるが、実際には必ずしも同じでない。このことは、マクロ的な条件は同じであっても、何らかのミクロ的な条件（舗装温度分布、輪荷重分布、走行位置分布、骨材の接合状態等）が異なり、その要因が微妙に影響しあっているものと推測される。今後、舗装をとりまく環境とその挙動を詳細に追跡調査し、ひびわれの発生メカニズムを解明するとともに、量的評価と質的評価の両方の観点からひびわれを評価する必要があると考えられる。

最後に、本報告のとりまとめにあたって、ご指導を頂いた関係者の方々に深く謝意を表します。

### — 参考文献 —

- 1) 道路維持修繕要綱, 日本道路協会, 1978年7月
- 2) Pavement Condition Rating Guide, Federal Highway Administration, September 1985
- 3) Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Studies, Strategic Highway Reserch Program National Reseach Council, 1990
- 4) 橋本: 舗装のリハビリテーション, 第4回道路技術シンポジウム, 日本道路建設業協会, 1986年, P13~17
- 5) 松野: わだち割れ(1)-アスファルト舗装の縦表面クラックについて, 舗装, 1984年2月, P3~8
- 6) 松野, 山下: 舗装技術の質疑応答, 第2巻, 建設図書, 1974年, P201
- 7) 佐藤, 達下: 舗装技術の質疑応答, 第5巻, 建設図書, 1987年, P198
- 8) 舗装試験法便覧, 日本道路協会, 1988年11月, P951~959
- 9) 野上, 高橋: ひび割れ測定, アスファルトVol.29, No.147, 1986年, P26~31
- 10) 高速道路調査会: 舗装の評価に関する研究報告書(3), 1988年2月, P27~28
- 11) Improved Methods and Equipment to Conduct Pavement Distress Surveys, Federal Highway Administration, April 1987
- 12) 阿部, 小川: 舗装ひびわれのフラクタル解析, 土木学会第48回年次学術講演会概要集第5部, 1991年9月, P34~35
- 13) 村井, 高橋: アスファルト舗装のひび割れに関する幾何学的分析, 土木学会第48回年次学術講演会概要集第5部, 1991年9月, P36~37

☆

☆

☆

☆

☆

☆

# わだち掘れの評価

峰 岸 順 一\* ・ 佐々木 巖\*\*

## 1. まえがき

アスファルト舗装に発生するわだち掘れは、走行時の車両の走行性や安全性などのサービス性を損うなどの機能低下の大きな要因となる。我が国のアスファルト舗装において一般地域では流動によるわだち掘れが、積雪寒冷地域では摩耗によるわだち掘れが発生しており、維持修繕の重要な原因となっている。舗装を常に良好な状態で管理するためには、舗装の状態を適切に把握した上で維持修繕を行う必要があり、管理上わだち掘れを定量的に把握することが重要である。本文では、わだち掘れの測定機器、測定方法および評価についてまとめた結果を報告する。

## 2. わだち掘れ

### 2.1 破損分類におけるわだち掘れ

アスファルト舗装におけるわだち掘れは、車輪が集中的に通過する位置に生じる道路延長方向に連続した横断凹凸と定義されている。我が国の道路維持修繕要綱<sup>1)</sup>、米国FHWA<sup>2)</sup>、SHRP<sup>3)</sup>における舗装の破損分類におけるわだち掘れは、各機関とも同様で変形(流動)と摩耗(ラベリング)の2種に大別されている。

### 2.2 わだち掘れの発生要因

わだち掘れの発生要因を外的要因と内的要因に分けると表-1に示すとおりである。

わだち掘れの発生要因としては、外的要因として過大な大型車交通が、内的要因として混合物の品質不良などが考えられ、アスファルト混合物の変形、路盤以下の部分の圧密沈下、アスファルト混合物の摩耗による破損として現われる。アスファルト混合物の変形は、通常大型車が多い走行車線の輪跡で最も大きく、車が徐行、停止、発進する交差点付近、登板車線、渋滞路線で顕著である。このことから、変形によるわだち掘れの発生は、路床・路盤の圧密・変形および表層・基

表-1 わだち掘れの発生要因

外的要因	交通条件	交通量が多い、輪荷重が重い、空気圧が高い走行速度が遅い、輪跡の集中、スパイクタイヤ・チェーン装着車の通過
	気象条件	舗装体温度が高い
内的要因	構造条件	路面面での沈下が大きい等舗装構造が弱い場合
	材料及び配合条件	使用材料の品質不良 アスファルト量の過多
	施工条件	転圧条件の不備、施工時期のミス

層のアスファルト混合物の流動として現れ、大型車交通量の質と量の増加と車線が分離されて車輪の通過位置が固定した(昭和45年10月道路構造令改正)ことや夏期の気温が高いことなどの外的要因の影響が大きいと考えられる。

また、摩耗によるわだち掘れは、冬期のスパイクタイヤやチェーンによる車輪通過位置の混合物のラベリングによるものである。

## 3. わだち掘れの測定

我が国においては、路面性状調査などから路面の状態を把握し、気象条件・交通条件を考慮し、舗装構造の強度評価と合せて維持修繕工法を決定する流れとなっている。そして、舗装の適切な維持修繕を行うためには、路面性状の実態を把握し、合理的な維持修繕計画を作成することが必要であり、サービス水準の評価項目としてわだち掘れの測定を行っている。また、各国のアスファルト舗装における維持管理のための路面性状に関する管理項目<sup>4)</sup>は、ひびわれ、わだち掘れ、平坦性を主として同様な項目を調査対象としており、中でもわだち掘れは、重要な測定項目である。そして、各路面性状の項目を用いて総合的に定量化を行ったり、状況に応じて単項目で評価を行っている。ここでは、

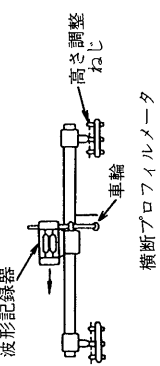
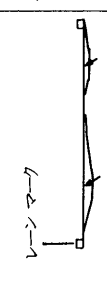
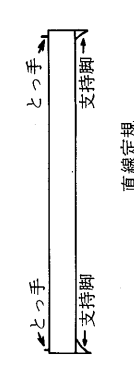
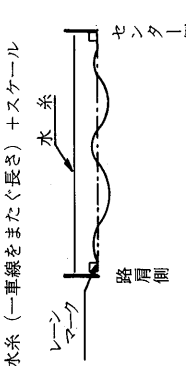
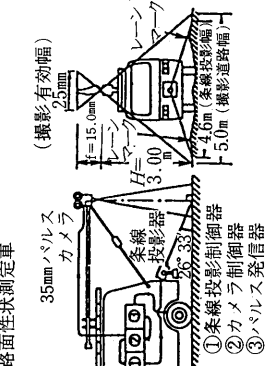
\*みねざし じゅんいち 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

\*\*ささき いわお 建設省土木研究所地質化学部化学研究室

わだち掘れの測定機器と測定方法について記述する。

我が国におけるわだち掘れの測定機器は、表-2<sup>2)</sup>に示すとおりである。目視観察や手動式測定装置による

表-2 日本のわだち掘れの測定機器及び測定方法

測定種別	適用	測定機器	測定方法	結果の整理	記
断面プロフィールメータによる方法	詳細調査に利用	断面プロフィールメータ (一車線をまたぐ長さ) + スケール 波形状記録器 	横断プロフィールメータを各車線の路肩側レールマークの外側を基準として設置し、直線定規上の波形状記録器を移動し路面横断形状を記録する	D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> のうち大きい方をわだち掘れ量とする (mm単位で読取る) 	短所：時間がかかると必要 交通規制が必要 大規模調査に不向き 長所：小規模調査では経済的 現位置で横断形状把握が可能
直線定規による方法	精密な調査を必要としない場合	直線定規 (一車線をまたぐ長さ) + スケール 	直線定規を各車線の路肩側レールマークの外側を基準として設置し、横断方向に20cm間隔に、スケールで基準線から路面の距離を記録する	20cm間隔で測定した深さの記録から、断面形状を描く。 D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> のうち大きい方をわだち掘れ量とする (mm単位で読取る)	短所：時間がかかると必要 交通規制が必要 大規模調査に不向き 長所：小規模調査では経済的 現位置で横断形状把握が可能
水糸による方法	簡便に路面状況を把握する場合	水糸 (一車線をまたぐ長さ) + スケール 	水糸を各車線の路肩側レールマークの外側を基準として設置し、横断方向に20cm間隔に、スケールで基準線から路面の距離を記録する	20cm間隔で測定した深さの記録から、断面形状を描く。 D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> のうち大きい方をわだち掘れ量とする (mm単位で読取る)	短所：時間がかかると必要 交通規制が必要 大規模調査に不向き 長所：小規模調査では経済的 現位置で横断形状把握が可能
路面性状測定車による方法	数km以上の延長を高速に測定する場合	路面性状測定車 35mmパルスカメラ 	測定基準点を確認して (必要であればマーキングを行う) 測定車を走行させ記録する	撮影された投影形状から変形形状を求め、D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> のうち大きい方をわだち掘れ量とする (mm単位で読取る)。	短所：夜間測定となる 常にキャリアリレーションを行い、システムの精度を確認する必要がある 同一測線上での繰返し測定 (試験舗装) の場合、制止測定となる 長所：高速に長い区間の測定が可能 交通量が多く人力測定が危険な場合に適する

方法と自動測定装置を用いる方法とがある。自動測定装置は、省力化、高速化され通常の走行速度で大規模に測定が行え、交通への支障が少ないという利点がある。測定規模や目的に応じて測定機器を使い分ける必要がある。

また、各国各機関におけるわだち掘れの測定機器と測定方法は、表-3に示すとおりである。最近各国各機関とも大量かつ迅速にデータ収集が可能な自動測定装置が普及してきている。AASHO<sup>6)</sup>、AASHTO<sup>7)</sup>、SHRP<sup>8)</sup>では直定規または自動測定装置が用いられており、米国のサウスダコタ州では超音波による自動測定車<sup>8)</sup>が用いられ、スウェーデン<sup>9)</sup>、英国、日本では、レーザー式自動測定装置も用いられている。英国におけるHRM (High-speed Road Monitor)<sup>10)</sup>は、車載のレーザーセンサーにより縦断凹凸、マクロテクスチュア、わだち掘れ、縦横断勾配、曲率半径を同時に測定できる自動測定車である。

### 3.2 わだち掘れの測定方法

我が国の車道部でのわだち掘れ量の測定は、通常調査対象区間を車線毎に100mを1区間として、20mおきに5点測定して平均を求め、これを区間のわだち掘れ量としている。

わだち掘れの算出方法には、図-1<sup>11)</sup>に示すようにピーク法と平均法に大別される。ピーク法は、高速道路などで用いられ、車線幅員の両端の基準点を結ぶ直線を基準線として、この線から車線幅員内の最高点と最低点までの垂直距離を求めて、その差をわだち掘れ量とする方法であり、日本道路公団、阪神高速道路公団がこの方法を用いている。平均法は、一般国道などで用いられ、両端の基準点と最高点を結んだ線から最低

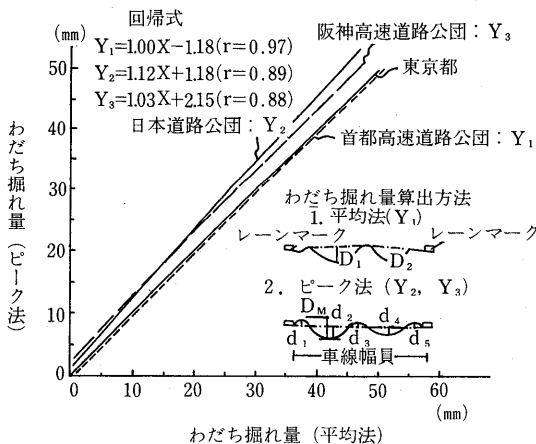


図-1 わだち掘れ量の算出方法の比較

表-3 わだち掘れの測定機器及び測定方法

測定機器	測定方法	測定間隔	評価を行う単位(平均値を求めた区間長)	SHRP (LTPP)	スウェーデン	英国	米国サウスダコタ州	日本
AASHO道路試験	1.2 mの直定規	定規中央で測った舗装表面の垂直変位の最大値	試験区間の平均	自動測定装置又は1.8 mの直定規	レーザー測定装置 (Laser Road Surface Tester)	HRM (High-speed Road Monitor) など	SDDOT プロフィールメーター	高速自動測定車 横断プロフィールなど (表-4 参照)
AASHTO (1986)	1.2 mの直定規	定規をわだち部にあて最大深さを測定する	任意設定区間の平均	最大わだち掘れ量 (0.254 mm単位で読み取る)	わだち掘れ形状からわだち掘れ量を直線定規法またはワイヤードで計算する (図-3参照)	レーザーセンサーにより路面と車輪軸との距離を求め (図-2参照)	超音波により路面との距離を3点計測し、わだち掘れ量を計算する (図-2参照)	ピーク法 平均法 (図-1 参照)
		試験区間に沿って各走行位置について数点測定	試験区間の平均	車輪通過位置に対して30.5mおきに測定	5 mおきに測定	10mおきに測定	通常15mおきに測定	通常20mおきに測定
				任意設定区間の平均	任意設定区間の平均	任意設定区間の平均	任意設定区間の平均	通常100mを1区間として、5測定の平均

点までの鉛直距離を求めて、その差の内側、外側のいずれか大きいものを、わだち掘れ量としており、建設省、首都高速道路公団が採用している。両者の算出方法を比較した結果は、図-1<sup>11)</sup>に示すとおりである。両者の相関は高く、ピーク法が平均法に比べてやや大きいことがわかる。道路公団も同様な報告を行っている<sup>12)</sup>。

英国のHRMでは、図-2に示すようにレーザーセンサーにより路面と車輪軸の距離を計測し、基線との差をわだち掘れ量としている。

米国のサウスダコタ州のSDDOT (South Dakota Department of Transportation) プロフィールメーターでは、図-2に示すように超音波による3点の測定値からわだち掘れ量を求めている。

スウェーデンにおけるLaser Road Surface Testerでは、測定したわだち掘れ形状から、図-3に示すように直定規法またはワイヤー法を用いて測定値の最大値をわだち掘れ量としている。直定規法による測定の再現性があることと、測定速度が50, 75km/hでは測定結果にほぼ差が無いとしている<sup>9)</sup>。

また、測定間隔と評価を行う単位区間については、表-3に示すように各国各機関で異なるが、対象調査区間の個々の値を平均してわだち掘れ量としている場合が主である。

#### 4. わだち掘れの評価

舗装を評価する基準は、評価する立場によって異なる。道路管理者は、舗装の耐久性という視点から路面性状や構造的な強度面に重点をおいて評価し、道路利用者は、乗り心地、走行性、快適性や安全性の視点から評価し、また沿道住民は、水はね、交通振動、騒音といった道路環境に関する要因から評価している。ここでは、わだち掘れの評価を維持管理、乗り心地、安全性、道路環境の4視点から検討する。

##### 4.1 維持管理からみたわだち掘れの評価

各国各機関の維持管理からみたわだち掘れの評価は、表-4に示すとおりである。AASHTO, FHWA, AI, フランス, 日本(阪神高速道路公団)においては、わだち掘れ量に評価点を付けてわだち掘れを評価し、オランダ<sup>13)</sup>では、わだち掘れ量と舗装の供用年数の関係から舗装の残存期間を評価している。我が国では、各機関ともわだち掘れ量を維持修繕要否の判断の目標値としている。

##### 4.2 乗り心地からみたわだち掘れの評価

わだち掘れ量と乗り心地との関係について、高速道路における走行中の車両の振動加速度による評価値と路面性状の関係を調査した結果が、図-4<sup>13)</sup>である。わだち掘れ量に関しては、現状の大きさ(30mm)では、乗り心地や運転性能にそれほど影響がないとされてい

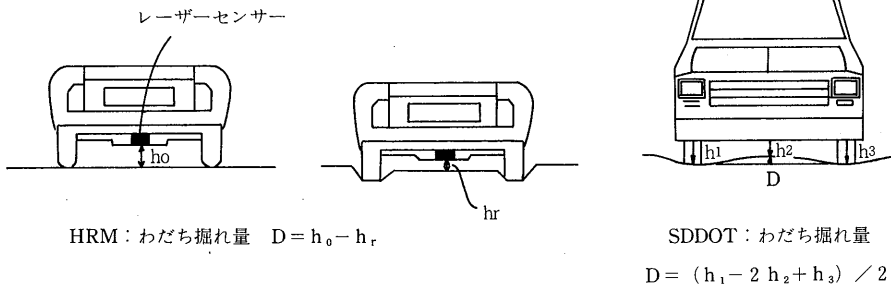


図-2 わだち掘れ量の測定方法

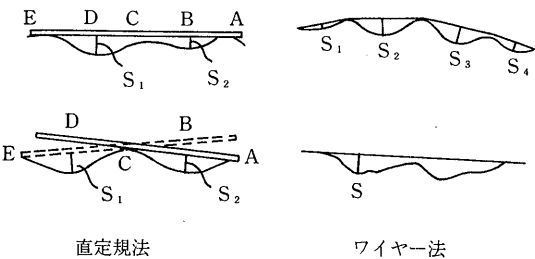


図-3 スウェーデンにおけるわだち掘れ量の算出

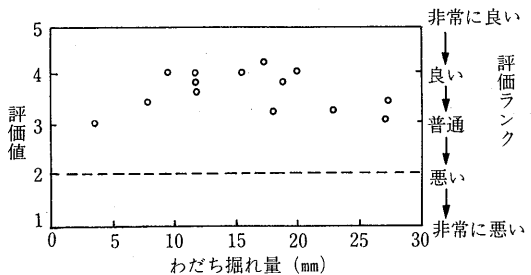


図-4 振動加速度による評価値とわだち掘れ量の関係

表-4 維持管理からみたわだち掘れの評価

<p>国及び機関</p> <p>わだち掘れの評価</p>	<p>AASHTO (1986)</p> <table border="1"> <tr> <td>Severity Level</td> <td>平均わだち掘れ量限界</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>6-13mm</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>13-25mm</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>25mm以上</td> </tr> </table> <p>他の評価指標と合せて総合評価する</p>	Severity Level	平均わだち掘れ量限界	L	6-13mm	M	13-25mm	H	25mm以上	<p>FHWA</p> <table border="1"> <tr> <td>Severity Level</td> <td>わだち掘れ量</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>無傷</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>12.7mm以下</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12.7mm以上*</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12.7mm以上*</td> </tr> </table> <p>* : 他の変形も考慮してSeverity Levelを評価する</p>	Severity Level	わだち掘れ量	0	無傷	1	12.7mm以下	2	12.7mm以上*	3	12.7mm以上*	<p>AI (軽交通道路)</p> <p>わだち掘れ量の評価点として0~10点(0は破損がない状態)が与えられており、ひびわれ、コルゲーション等の破損も加味して総合評価点とする</p>	<p>フランス</p> <p>平均わだち掘れ深さとわだち掘れ延長の比率を調査する</p> <table border="1"> <tr> <td>水準</td> <td>広いわだち掘れの場合</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>舗装延長の30%以上が15~20mm</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>舗装延長の30%以上が20mm以上</td> </tr> </table>	水準	広いわだち掘れの場合	2	舗装延長の30%以上が15~20mm	1	舗装延長の30%以上が20mm以上																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Severity Level	平均わだち掘れ量限界																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
L	6-13mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
M	13-25mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
H	25mm以上																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Severity Level	わだち掘れ量																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0	無傷																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	12.7mm以下																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	12.7mm以上*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	12.7mm以上*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
水準	広いわだち掘れの場合																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	舗装延長の30%以上が15~20mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	舗装延長の30%以上が20mm以上																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>国及び機関</p> <p>わだち掘れの評価</p>	<p>オランダ</p> <p>下記チェックシートにより舗装の残存期間を評価する</p> <table border="1"> <tr> <td>舗装状態は</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td> </tr> <tr> <td>使用年数</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td> </tr> <tr> <td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	舗装状態は	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	使用年数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1																			2																			3																			4																			5																			6																			7																			8																			9																			10																			11																			12																			13																			14																			15																			16																			17																			18																			<p>日本 (維持修繕要綱)</p> <table border="1"> <tr> <td>道路種別</td> <td>維持修繕要否判断目標値</td> </tr> <tr> <td>自動車専用道路</td> <td>25mm</td> </tr> <tr> <td>交通量の多い一般道路</td> <td>30~40mm</td> </tr> <tr> <td>交通量の少ない一般道路</td> <td>40mm</td> </tr> </table> <p>管理の目標値 25~30mm以下 (登坂車線以外)</p>	道路種別	維持修繕要否判断目標値	自動車専用道路	25mm	交通量の多い一般道路	30~40mm	交通量の少ない一般道路	40mm	<p>日本 (首都高速道路公団)</p> <p>補修工法判定基準 平均わだち掘れ量20mm以上で補修</p>	<p>日本 (阪神高速道路公団)</p> <p>舗装の判定基準</p> <table border="1"> <tr> <td>最大わだち掘れ量 (10mピッチで計測)</td> <td>評価</td> </tr> <tr> <td>20mm以上</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>20未満~10以上</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>10未満~3以上</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>3以下</td> <td>OK</td> </tr> </table> <p>ひびわれ率と合せて評価する</p>	最大わだち掘れ量 (10mピッチで計測)	評価	20mm以上	A	20未満~10以上	B	10未満~3以上	C	3以下	OK
舗装状態は	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
使用年数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
道路種別	維持修繕要否判断目標値																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
自動車専用道路	25mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
交通量の多い一般道路	30~40mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
交通量の少ない一般道路	40mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
最大わだち掘れ量 (10mピッチで計測)	評価																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20mm以上	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20未満~10以上	B																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10未満~3以上	C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3以下	OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

る。

4.3 安全性からみたわだち掘れの評価

車両速度と回転時摩擦係数の関係 (米テキサス州の例) は図-5<sup>13)</sup>に示すとおりである。40mph (64km/h) の時、水膜厚6.3mmでハイドロプレーン現象が発生するとされている。そして、この関係を、建設省の最大わだち掘れ量と最大水深の関係(図-6<sup>13)</sup>)と突き合せると、横断勾配2%において約17mmのわだち掘れ量から滞水時にハイドロプレーン現象が発生すると報告されている。

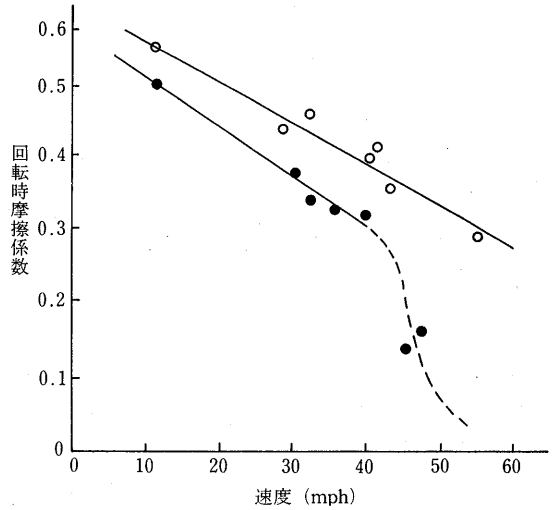


図-5 車両速度と回転時摩擦係数の関係

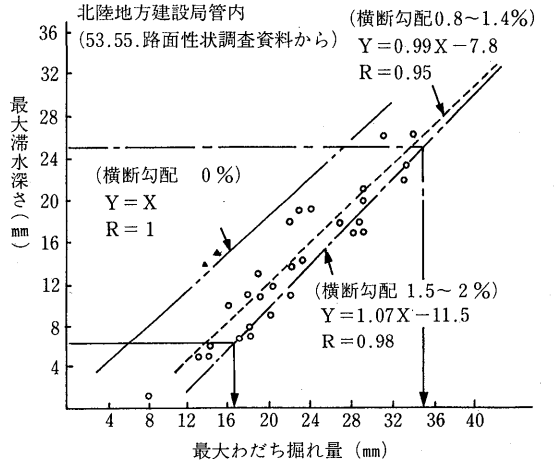


図-6 最大わだち掘れ量と最大水深の関係

4.4 道路環境からみたわだち掘れの評価

道路環境としてわだち掘れ量と水はねの影響について検討した結果が図-7<sup>13)</sup>に示すものである。この図

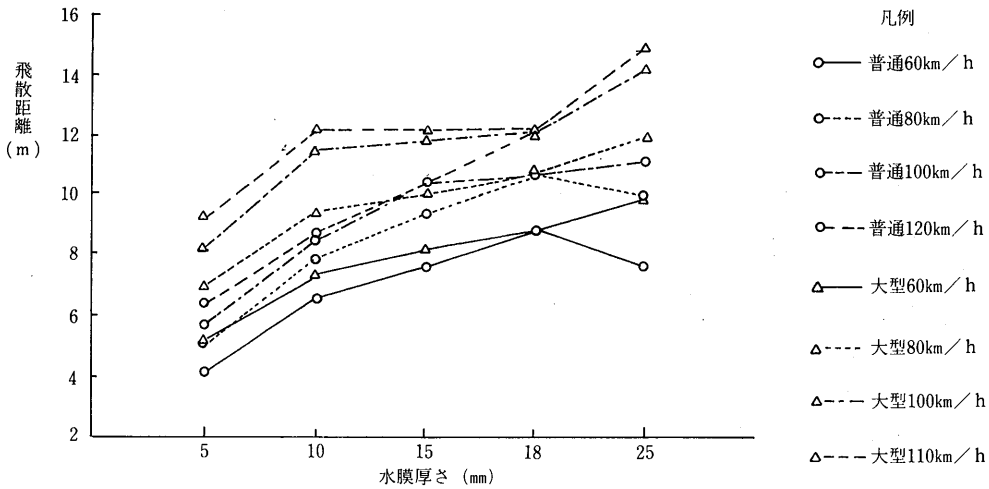


図-7 横方向の最大飛散距離と水膜厚さ

は、横方向の最大飛散距離と水膜厚さの関係である。走行車両の種類、速度、水膜厚によって差があり、水膜厚が25mmとなると大型車による横方向飛散距離は、約10~15mmとなることがわかる。この水膜厚25mmは、図-6から横断勾配2%では、わだち掘れ量約35mmに相当する。

### 5. あとがき

以上のように、わだち掘れの評価において、わだち掘れの形状と破損の原因などとの関係についての検討を行った事例<sup>14)</sup>も見られるが、現状では、わだち掘れを量としてとらえた評価が主である。わだち掘れを測定する際にわだち掘れ形状を測定しながら、わだち掘れ量のみで評価している。このことから、データを有効に利用するためにも、今後わだち掘れの形状と破損の原因について両者の関係を結び付けた研究が必要であると考えられる。

また、わだち掘れが道路利用者や道路環境に及ぼす影響は、車両の操縦性の低下及びそこに滞水した水によるドロプレーン現象による走行安全性の低下や水はねなどによる視界困難や歩行者への被水などが挙げられる。今までわだち掘れの評価は、維持管理や乗り心地からの評価基準が主であったが、わだち掘れが安全性や道路環境に及ぼす影響に関する研究も含めて評価手法や基準を見直す必要もあると考えられる。

### — 参考文献 —

- 1) 道路維持修繕要綱, 昭和53年版, 日本道路協会
- 2) Pavement Condition Rating, Federal Adminis-

tration, September 1985

- 3) Distress Identification Manual for Long-Term Pavement Performance Studies, Strategic Highway Research Program National Research Council, 1990
- 4) アスファルト舗装技術研究グループ: アスファルト舗装技術の変遷, アスファルト vol.30 no.155 P82
- 5) 舗装試験法便覧: 日本道路協会
- 6) ㈱セメント協会, AASHTO道路試験, 1973
- 7) ㈱セメント協会, 舗装に関するAASHTO指針, 1990
- 8) David L.Huft, Debra C.Corcoran, Blair A.Lunde, and Paul A.Orth Status of the South Dakota Profilometer, TRR 1117
- 9) Peter W Aruberg, The laser road surface tester, VTR Report 255A, 1983
- 10) D R C Cooper, The TRRL High speed Road Monitor: assessing the serviceability of roads, bridges and airfields, TRRL Research Report 11, 1985
- 11) 阿部, 峰岸, 小沢: 舗装の耐流動性に関する試験舗装による検討, 昭和62年東京都土木技術研究所年報, P35~P48
- 12) 野上, 高橋: わだち掘れ測定, アスファルト vol.29 no.147 P21~25
- 13) ㈱高速道路調査会, 舗装の評価に関する研究報告書(3), 1988
- 14) 阿部, 内田, 峰岸: 耐流動性に関する試験舗装による検討(その4), 平成3年東京都土木研究所年報, P71~P82

# 平坦性の評価とモデルによる車両の挙動の解析

野村 健一郎\*・山本 達哉\*\*

## 1. はじめに

路面の平坦性には、図-1に示すように概念的に縦断方向と横断方向のものがあるが、通常単に平坦性と称する場合には、縦断方向の凹凸を指す場合が多い。

なお、図-1のa)の領域は波長が短かく振幅の小さいもの、b)の領域は波長が長く振幅が大きいもの、c)の領域は舗装のきめに関わるものである<sup>1)</sup>。また、PIARCの波状特性による分類では、a)は波長がおおよそ0.5~100mのもので乗り心地に係わるもの、b)は波長がおおよそ100m以上のもので幾何設計に係わるもの、c)は波長がおおよそ0.5m以下のもので騒音やすべり抵抗に係わるものとされている<sup>2)</sup>。

AASHO道路試験の研究結果によると、道路利用者の知覚によるサービス水準の評価では、その結果の約95%が平坦性に左右され、PSI (Present Serviceability Index)に及ぼす他の要因の影響はたった5%程度にすぎなかったとのことである<sup>3)</sup>。

このことから、平坦性がサービス水準、とりわけ

乗り心地に大きく影響するであろうことが容易に推察できる。

また、平坦性は安全性、経済性、交通振動、および交通騒音にも影響すると云われており<sup>4)5)6)</sup>、道路管理者にとってその評価は重要なものと考えられる。

本文では、舗装の平坦性とサービス水準の関係、平坦性の測定技術およびモデルによる路面の形状と車両の挙動の解析についてとりまとめる。

## 2. 平坦性とサービス水準

ここでは、平坦性と乗り心地、平坦性と交通振動の関係をとりあげる。

### 2.1 平坦性と乗り心地

平坦性と乗り心地の関係の一例として、日本道路公団が実施した、「客観的に評価した平坦性」と「主観的に評価した乗り心地」との関係に関する調査結果を、図-2に示す<sup>7)</sup>。これらの結果から、客観的に評価した平坦性と主観的に評価した乗り心地の関係には、比較

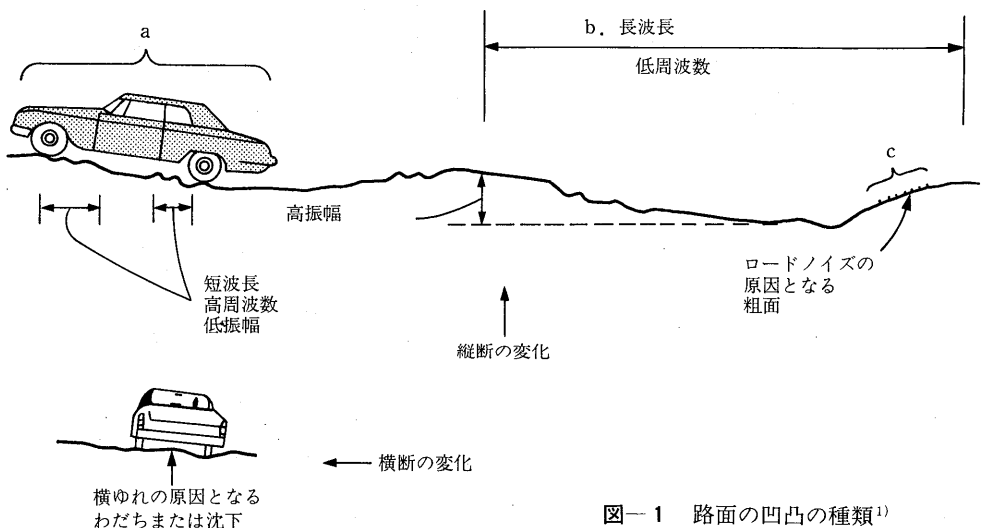


図-1 路面の凹凸の種類<sup>1)</sup>

\*のむら けんいちろう 大成ロテック(株)技術研究所開発研究室

\*\*やまもと たつや 大成ロテック(株)技術研究所開発研究室



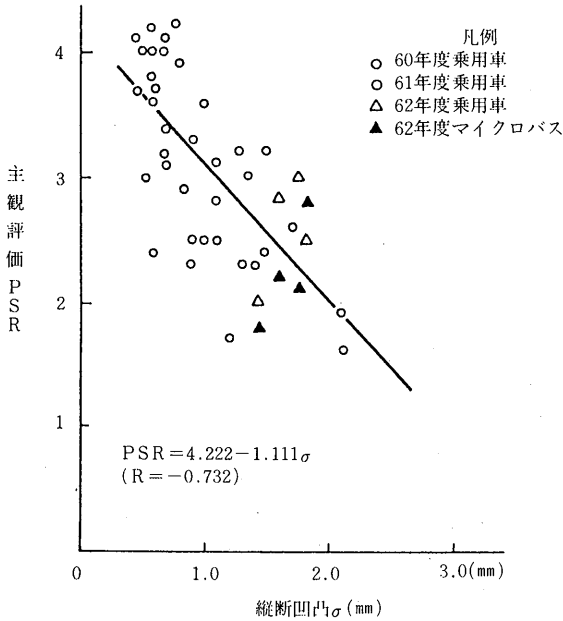


図-2 客観評価 (3mσ) と主観評価の関係<sup>7)</sup>

的高い相関が認められることがわかる。

なお、乗り心地は、平坦性、車両のサスペンション等の特性および車速の3要素の関数と云われており<sup>3)</sup>、平坦性が同じでも、車種や走行速度が異なる場合には、乗り心地の評価は異なることになる。

図-3は車両の共振振動数、車両の走行速度、および路面の凹凸の波長の関係を表したものである<sup>4)</sup>。一般的な乗用車の共振振動数は1~10Hzと云われており、例えば、ある車両の共振振動数が1Hzで、舗装表面の凹凸の波長が40フィート (約12.2m) とすると、走行速度が時速約27マイル (約43.2m) で共振が生じるこ

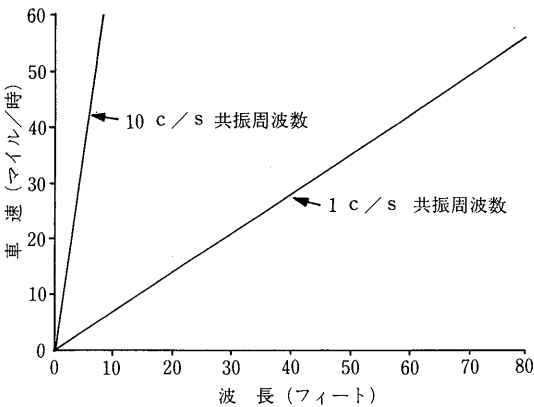


図-3 路面の凹凸の波長、車速および車輛の共振振動数の関係<sup>4)</sup>

とを示している<sup>3)</sup>。

## 2.2 平坦性と交通振動

路面の凹凸が著しい舗装では、走行車両が振動し、その振動が地盤を媒体として沿道家屋に伝播する。特に、交通量が多く、地盤の軟弱な地域では深刻な問題になると考えられる。このため、平坦性は、サービス水準よりも環境問題としてとらえられる場合もある<sup>5)</sup>。

建設省が調査した、平坦性と交通振動の関係の代表例を図-4に示す<sup>8)</sup>。

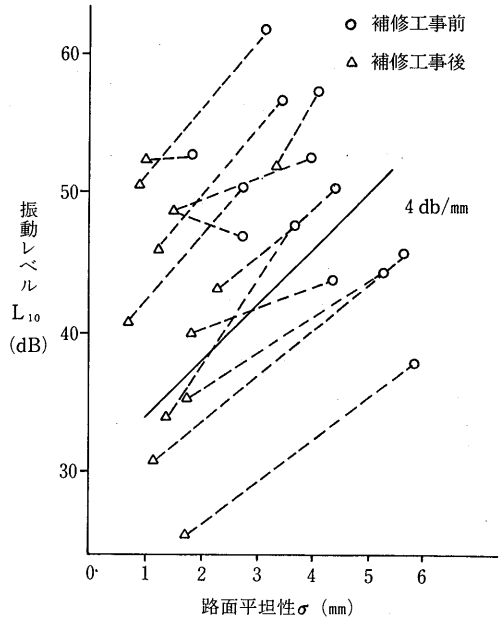


図-4 路面補修工事前後の平坦性と振動レベル<sup>8)</sup> (一般国道の例)

## 3. 平坦性の測定

### 3.1 平坦性の評価手法

平坦性の評価手法は、凹凸の量そのものを絶対的または相対的にとらえようとするものと、乗り心地としてとらえようとするものに大別できる。また、平坦性の測定装置には、前者の視点から開発されたものとして縦断形状測定装置、後者の視点から開発されたものとしてラフネス測定装置がある<sup>9)14)</sup>。

なお、実際の舗装表面の凹凸は不規則で、様々の周波数の長波長および短波長のものから構成される。このため、平坦性の測定装置としては、これら全ての凹凸に正確に対応できる機種が望ましい。しかし、高速道路の新設工事の管理では8mプロフィールメータを用い、補修工事の管理では3mプロフィールメータを用いるなど、対象の規模や目的に応じてある領域の凹凸の

みを測定できる機種を使い分けることも多いようである。

また、平坦性の測定装置には、1) 短時間に多くのデータが得られること、2) 長波長の凹凸はもちろん、

舗装表面の急激な変化にも対応できること、3) 堅牢で、施工時の品質管理にも適用できること、などの性能も要求される<sup>9)</sup>。

表-1 (その1,2)に代表的な平坦性の測定装置の測

表-1 平坦性測定装置例一覧(その1)

	装置名称	測定原理・特徴	備考
縦 断 形 状 測 定 装 置	直読式定規 <sup>9)10)</sup>	最もシンプルなもので、一般に足付きが平坦性の評価に、足無しが施工管理に用いられる。 わが国では、定規を移動させながら1.5m間隔で定規と路面の隙間を測定し、標準偏差で表示する。	短区間の測定では正確な資料が得られるが、長区間の測定となると測定に労力を要し記録の整理が煩雑となる。
	移動式直定規 (ローリング直定規) <sup>9)</sup>	わが国では、3mプロフィールメータ、8mプロフィールメータとして最も普及している。 両端の基準輪の平均高さが基準高さとなり、この基準高さに対する測定輪の上下変動を日記々録する。	図-5に示すようにホイールベースと凹凸の形状により測定精度が影響を受ける。 舗装のジョイントのようなものを正確に測定できる。
	RRLタイプ プロフィールメータ <sup>11)</sup>	英国のRRL(現TRRLの前身)で開発された多輪式のプロフィールメータである。 オントリオ州で使用されているRRLタイププロフィールメータを図-6に示す。 測定輪の両側に案内輪が装備されており、測定輪が交通の走行ラインと同一ラインを移動するように工夫されている。 電気的な計数器を備えた分級器により、大きき別の凸部の数を0.1~0.5インチの間隔で計測する。	基準輪を16個とし、基準輪1輪の上下動の影響が1/16に低減するように設計されている。 再現性に優れているが、測定速度が時速16km程度で長区間の測定に適さない。
	スロープ プロフィールメータ <sup>9)</sup>	図-7に示す機構のもので、振りまたはジャイロスコープによる仮想の水平面または垂直面の原理を応用している。 プロフィールメータの端部に、ホイールベースの短い2個の小さな車輪が取り付けられており、路面の凹凸を検出・測定し、平坦性を不動水平面との角度として測定する。 平坦性は、式-1により傾斜変動SVとして表示される。	AASHOの道路試験で利用された経緯がある。 ホイールベースの短い2個の車輪間より短波長の凹凸を正確に測定できない。
	CHLOE プロフィールメータ <sup>9)11)</sup>	スローププロフィールメータから不動水平面を省略した改良型である。 20フィートのフレームを1つの基準線、ホイールベースの短い2個の車輪を結んだ線をもう1つの基準線とし、路面の凹凸を両基準線間の角度の変化としてとらえる。 平坦性は、スローププロフィールメータと同様に、式-1により傾斜変動SVとして表示される。	再現性に優れるが、ホイールベースの短い2個の車輪間より短波長の凹凸を正確に測定できない。
	GMR プロフィールメータ <sup>9)12)</sup>	ゼネラルモータ社で開発されたもので、図-8に示すように加速度計を利用している。 図中に示すように、試験車両の中心に取り付けた直径6インチの測定輪の上下の変位量(非接触型もある)と加速度計による車体の上下の変位量の差を電位差計で検出し、演算してWmとして表示する。	デジタルコンピュータを搭載したものや、非接触型のものが開発されている。 1m以下の波長を除く路面の凹凸の振幅を、ほぼ1:1で測定できる。
	TRRL高速 プロフィールメータ <sup>11)13)14)</sup>	図-9に示す形状の平坦性測定装置で、英国TRRLで用いられている。 剛性フレームに4組のレーザセンサが取り付けられており、牽引して路面からの高さを車両の移動距離に応じて記録する。	前方と後方のレーザセンサが同一地点を通過する必要があり、曲線部の測定では誤差を生じる。
	APL <sup>12)15)</sup>	図-10に示す構造を有し、路面形状を、サスペンションにより支えられ慣性によりほぼ不動と考えられる部分と、路面形状に応じて上下するホイールキャリアアームとの角度の変化としてとらえる。	1m以下の波長を除く路面の凹凸の振幅を、ほぼ1:1で測定できる。
	レーザ式路面凹凸測定機 (土研タイプ) <sup>5)</sup>	建設省土木研究所が試作したもので、車載して路面の凹凸を測定する。 図-11に示す構成により、測定車の床面と路面の距離をレーザ光線により測定した値から、床面の上下動を加速度計により測定し二重積分器で変位に換算した値を差し引いて、路面の凹凸を測定する。	
	ROMEN-CATCHERRC <sup>9)</sup>	2点測定方式、2点逐次アルゴリズムを応用。測定車両の振動の影響を受けずに、伸縮継手部の形状を高精度で測定できると云われている。	わが国で開発され使用されている

表-1 平坦性測定装置例一覧 (その2)

	装置名称	測定原理・特徴	備考
2) 路面載損き傷れて横い断る形縦断面測定装置と装置も置に	ROADRECON	3個のレーザセンサを進行方向に等間隔に一列に配置し、路面からの高さを車両の移動距離に応じて記録する。	わが国で開発され使用されている
	ROMEN-CATCHERLY	2個のレーザセンサを進行方向に一列に配置し、路面からの高さを車両の移動距離に応じて記録する。	わが国で開発され使用されている
	ROADMAN	3個のレーザセンサを進行方向に等間隔に一列に配置し、路面からの高さを車両の移動距離に応じて記録する。	わが国で開発され使用されている
	T.R.E PAVEMETER	1個のレーザセンサと加速度計を車両に配置し、路面からの高さや加速度を車両の移動距離に応じて記録する。	わが国で開発され使用されている
	LASER-RST	1個のレーザセンサと加速度計を車両に配置し、加速度計にて計測した車両の振動加速度を積分器にて変動量に変換、レーザセンサによる路面からの高さを補正する。	スウェーデンで開発され、米国等で使用されている
	ARAN	乗用車の車軸部および車体に加速度計を装着し、各々の振動量を連続的に測定する。	カナダで開発され使用されている
ラフネス測定装置	アメリカ連邦道路局 (BPR) タイプのラフネスメータ <sup>3)11)</sup>	<p>図-12に示す構造のもので、乗用車の1つの車輪をシュミレートしたものとなっている。</p> <p>慣性の法則によりほぼ不動の状態と考えられるフレームと、舗装面の形状に追従する浮遊輪との相対的な変位量を測定する。</p> <p>フレームと浮遊輪の相対的な変位の一方成分を積算し、1マイルあたりの積算量をラフネス指数としてインチ/マイルの単位で表示する。</p>	測定速度が時速48km程度である。乗り心地に関する周波数帯の減衰や再現性に問題がある。
	P C Aロードメータ <sup>3)15)</sup>	<p>図-13の概略図に示すように、後輪軸の挙動をハウジングに取り付けたケーブルを通して偏位計 (偏りを検知する装置) で測定し、車体と後輪軸の相対的な挙動を測定する。</p> <p>静止状態を基準にした車の偏りを1/8インチ間隔で検出し、カウンタで積算し式-2にて偏差の二乗の合計を求め、式-3にてCHLOEプロフィールメータの傾斜変動SVに換算できる。</p>	シンプルで、あらゆる乗用車に取り付け可能。測定精度も高い。時速80kmでの測定が可能で、短時間に多くの情報が得られる。
	Maysメータ <sup>12)18)24)</sup>	<p>図-14に示す検知部にて、車体と後輪の挙動を測定し図-15に示すように記録紙に記録し、単位舗装延長あたりの車体の挙動の総計 (Mays roughness in/mile) として表示する。</p>	

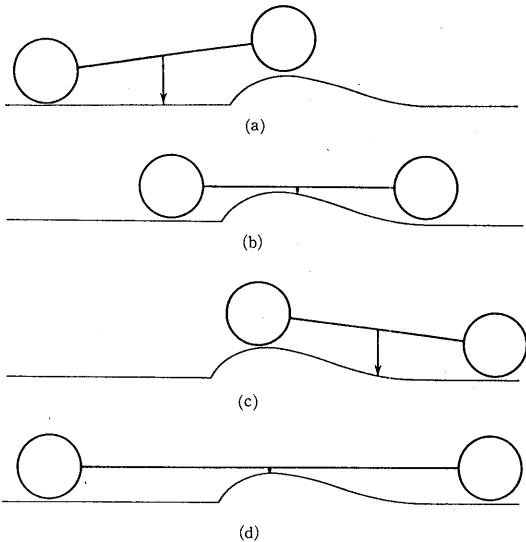
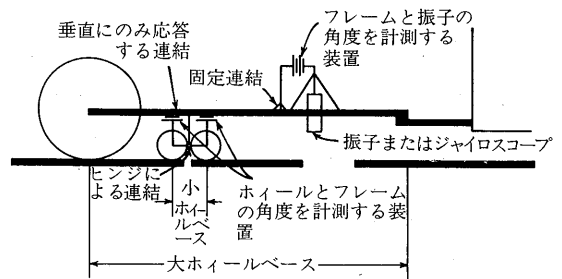


図-5 ホイールベースと路面凹凸の関係<sup>1)</sup>

図-5 ホイールベースと路面凹凸の関係<sup>1)</sup>



$$S_v = \frac{\sum Y^2 - (1/n)(\sum Y)^2}{n-1} \dots \text{式-1}$$

Y = 1 フィート間隔の2点の高低差

n = 測点数

図-7 スロープロフィールメータの機構<sup>1)</sup>

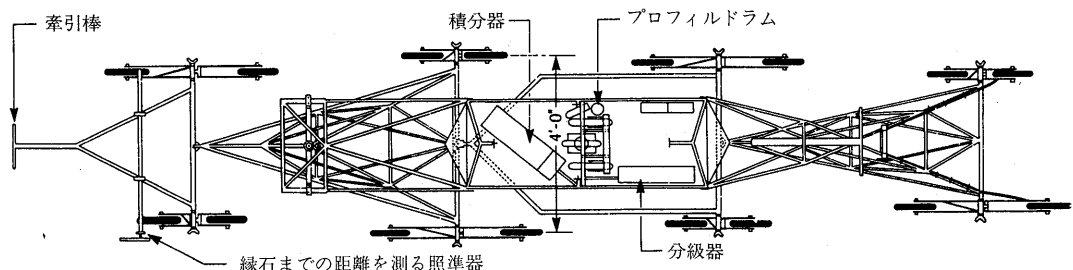
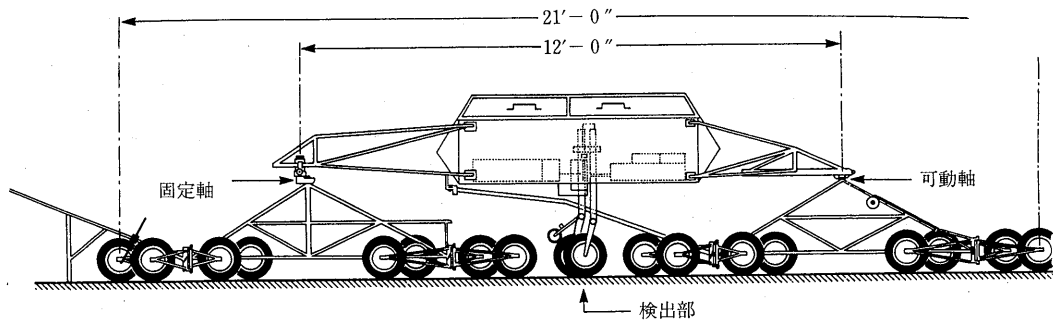


図-6 オンタリオ州のRRLタイププロフィールメータ<sup>1)</sup>

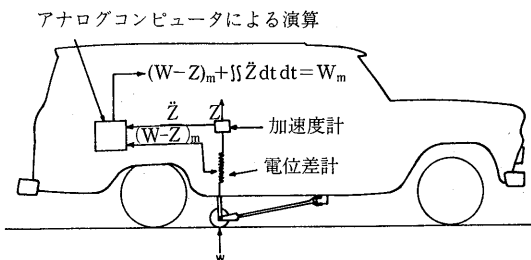


図-8 GMRプロフィールメータの概要<sup>1)</sup>

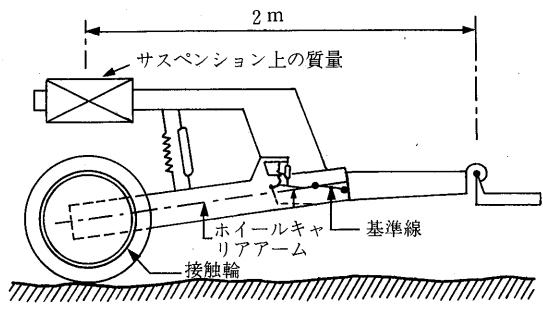


図-10 APLの概要<sup>13)</sup>

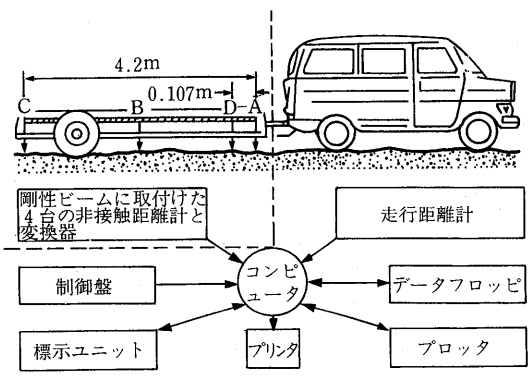


図-9 TRRL高速プロフィールメータ<sup>14)</sup>

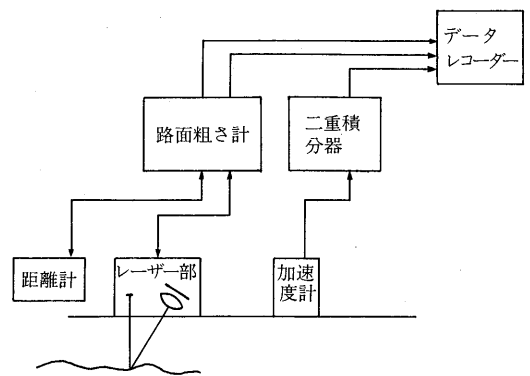


図-11 レーザー式非接触型縦断凹凸測定機の構成 (土研)<sup>5)</sup>

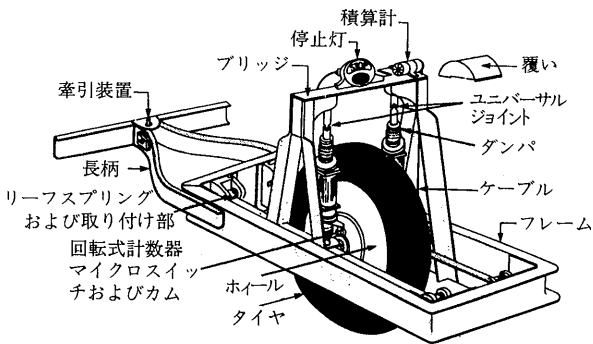


図-12 BPRタイプのラフォメータ<sup>1)</sup>

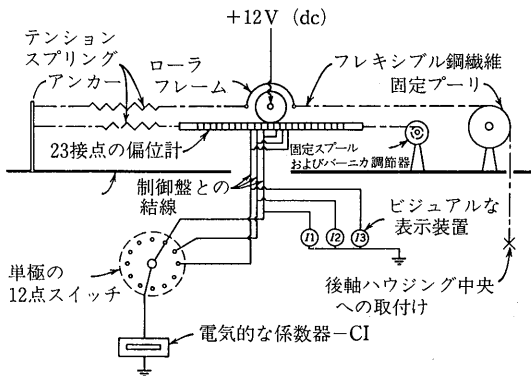


図-13 PCAロードメータの概要<sup>1)</sup>

$$\Sigma(D^2) = \frac{1a + 4b + 9c + 16d + 25e + \dots}{64} \quad \dots \text{式-2}$$

- a = 1/8inに等しい偏よりの数
- b = 2/8           "
- c = 3/8           "

$$S_v = 0.68\Sigma(D^2) + 0.8 \quad \dots \text{式-3}$$

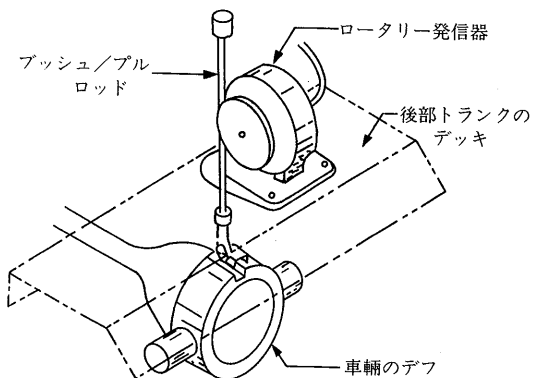


図-14 Maysメータの検知部<sup>24)</sup>

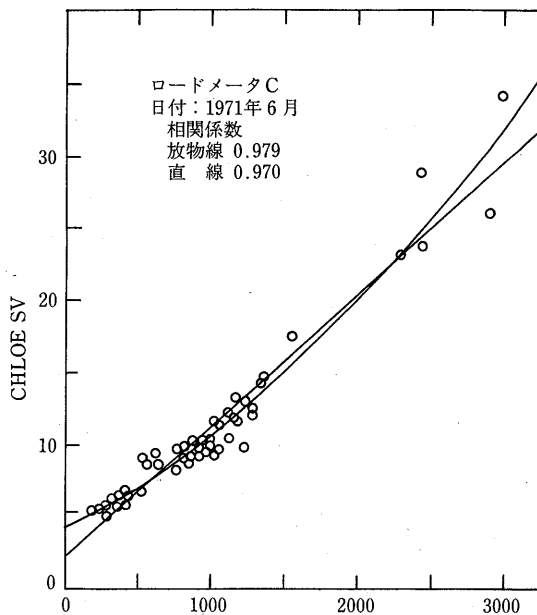


図-15 PCAロードメータとCHLOEプロフィールメータの比較例<sup>1)</sup>

定原理などを整理して示す。なお、紙面の関係から概略説明にとどめてあるため、詳細については参考文献を参照されたい。

また、「路面損傷・横断形状の測定装置とともに車載されている横断形状測定装置」に分類される装置については、比較的新しく開発されたもので国産の機種も多いことから、仕様等の資料の入手が容易と考え、特に簡易な記述としてある。

このほか、路面の凹凸により車両に生じる振動を乗り心地の面から評価する手法として、「加速度計により測定されるランダムな振動を高速フーリエ変換し、1/3オクターブ等のフィルタによりある成分のみを取り出し直流に変換し、個々の周波数スペクトルについて各帯域の中心周波数に対するrms値(実行値)に変換して、ISOの振動暴露評価基準図に重ね合わせるなどにより乗り心地を客観的に表す。」等が試みられている<sup>2)19)20)</sup>。これらの詳細については、参考文献を参照されたい。

### 3.2 装置間の比較

平坦性を測定するにあたっては、測定の規模や目的などに応じて機種を選定することになるが、異機種で測定した測定結果を用いて検討する場合など、異なる測定装置での結果の比較が必要になる。

参考として、2、3の測定機種間における測定結果

の比較例を示す。

(1) PCAロードメータとCHLOEプロフィールメータの比較

図-15は、PCAロードメータとCHLOEの比較であるが、両者には高い相関が認められている<sup>11)</sup>。これより、表-1に示したように、PCAロードメータでの測定結果を、CHLOEプロフィールメータの傾斜変動SVに換算して表示できることが理解できる。

また、PCAロードメータで評価したサービス指数と、CHLOEプロフィールメータで評価したサービス指数の関係も報告されているが<sup>9)</sup>、これらの関係もほぼ1:1となっている。

(2) BPRラフォメータとRRLタイププロフィールメータの比較

図-16は、BPRラフォメータとRRLタイププロフィールメータの比較であるが、相関係数=0.96と高い相関が認められる<sup>11)</sup>。

(3) BPRラフォメータとPCAロードメータの比較

図-17は、BPRラフォメータとPCAロードメータの比較であるが、両者には高い相関が認められる<sup>11)</sup>。しかし、シンプルで、測定が早く、かつコストの低いPCAロードメータが普及しているようである<sup>11)</sup>。

(4) 理論的な比較

理論的に求めたものではあるが、「路面の凹凸の波長」と「真の凹凸の振幅と6機種の手平坦性測定装置で測定される振幅の比」の関係を示す<sup>12)</sup>。

この図では、GMRプロフィールメータとAPLの2機種が、約1m以下の波長を除く波長領域で比=1.0を示している。

4. モデルによる解析

舗装面を走行する車両の動的な挙動をモデル化して、乗り心地、エネルギー損失、ならびにタイヤと路面間に発生する負荷などの解析が行われている<sup>16)</sup>。

また、乗り心地の解析では、人間の不快感や疲労を取り込むなど、人間工学と関連させた解析も行われている<sup>7)</sup>。ここでは、モデルの簡単な紹介と、1/4車両モデル(Quater-Car Model)を用いて乗り心地を解析した一例、ならびに1/4車両モデルを応用した国際ラフネス指数(IRI)を紹介する。

4.1 車両の動的なモデル<sup>6)17)</sup>

車両の動的なモデルの例として、1/4車両モデル(Quater-Car Model)、1/2車両モデル(Half-Car Model)、乗用車モデル(Full-Car Model)、ならびに

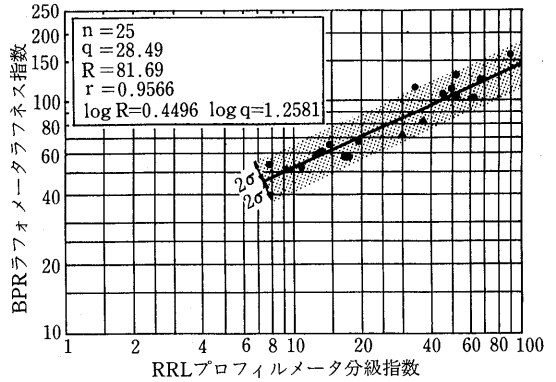


図-16 RRLプロフィールメータとBPRラフォメータの比較例<sup>11)</sup>

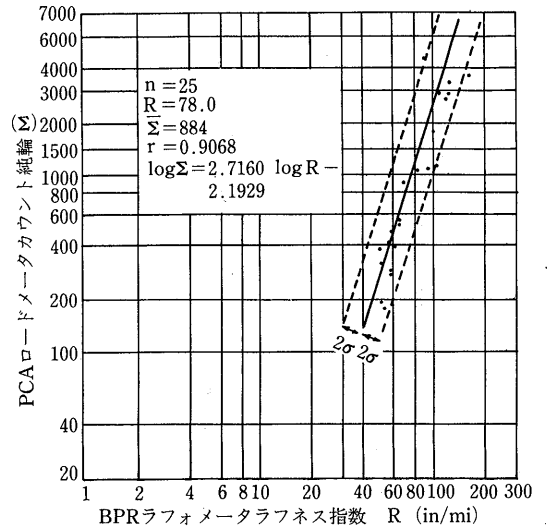


図-17 BPRラフォメータとPCAロードメータの比較例<sup>11)</sup>

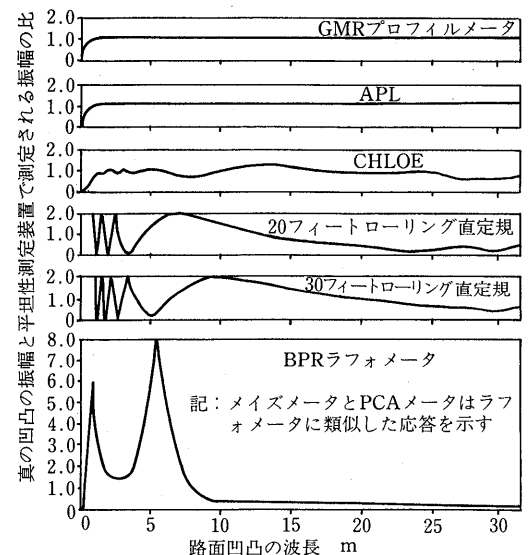


図-18 GMRプロフィールメータ、APL、CHLOE、スーリング直定規およびBPRラフォメータの理論上の相違<sup>12)</sup>

トラクター・トレーラモデルの例を、図-19～図-22に示す。

なお、ここに示したモデルでは、タイヤをバネとして扱っているが、ASTM E1170などでは図-23に示す

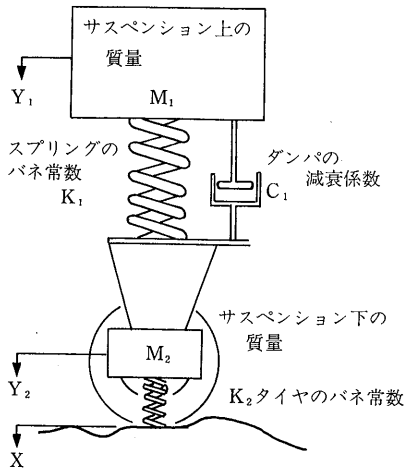


図-19 1/4車輦モデル<sup>17)</sup>

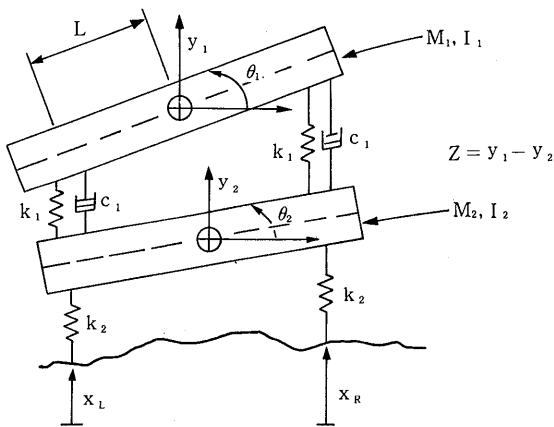


図-20 軸で連結されたサスペンションを有する1/2車輦モデル<sup>16)</sup>

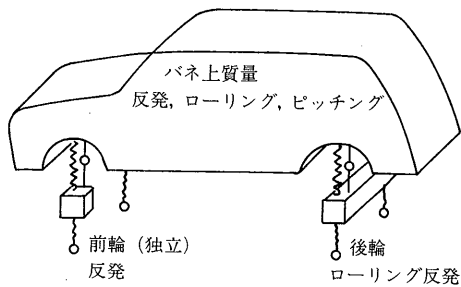


図-21 フルカーモデル<sup>17)</sup>

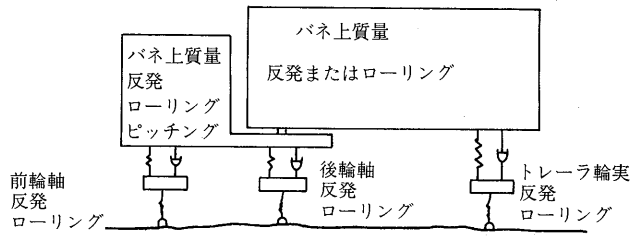


図-22 トレーラモデル<sup>17)</sup>

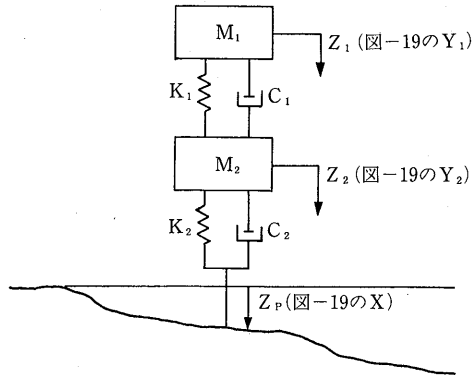


図-23 タイヤをバネとダンパで表現したモデルの例<sup>18)</sup>

ように、タイヤをバネとダンパを組み合わせたものとして扱っている<sup>18)</sup>。

#### 4.2 1/4車輦モデルによる検討

図-19に示す1/4車輦モデルで検討を行う場合に、ニュートンの法則を適用すると、車両にかかる力は式-4、式-5で表わすことができる。

$$m_1 \ddot{y}_1 = -c_1 (\dot{y}_1 - \dot{y}_2) - k_1 (y_1 - y_2) \quad \dots \text{式-4}$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + m_1 \dot{y}_1 = -k_2 (y_2 - X) \quad \downarrow$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + c_1 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_1 (y_2 - y_1) = k_2 (y_2 - X) \quad \dots \text{式-5}$$

ここに

$m_1$  = サスペンションにかかる質量 (kg/mm/sec<sup>2</sup>)

$y_1$  =  $m_1$ の変位量 (mm)

$k_1$  = サスペンションスプリングのバネ常数 (kg/mm)

$c_1$  = ダンパーの減衰係数 (kg/mm/sec)

$m_2$  = サスペンション下の質量 (車輪、ブレーキ、軸等の合計質量)

$y_2$  =  $m_2$ の変位量

$k_2$  = タイヤをバネと見なした場合のバネ常数 (kg/mm)

$x$  = 路面の凹凸の変化量 (mm)

$\dot{y}_n$  =  $m_n$ の変位速度 (mm/sec)

$\ddot{y}_n$  =  $m_n$ の変位加速度 (mm/sec<sup>2</sup>)

なお、モデルを用いて、車両が路面の形状に対しどのように応答するかを検討するには、車両の固有振動数およびサスペンションの減衰特性、ならびに伝達関数等を理解する必要がある。以下に、これらについて簡単に解説する。

(1) 固有振動数およびサスペンションの減衰特性<sup>21)</sup>

モデルを用いて、車両が路面の形状に対しどのように応答するかを検討する際には、車両の固有振動数およびサスペンションによる減衰特性（ダンピングファクタ）が必要となる。

図-19に示した1/4車両モデルの条件を考えると、それぞれは、以下の式で求めることができる。

$$\text{固有振動数 (Hz)} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_1}{M_1}}$$

$$\text{ダンピングファクタ} = \frac{C_1}{2\sqrt{K_1 M_1}}$$

(2) 伝達関数

モデルを用いて車両の挙動を解析する場合は、路面形状を入力することになるが、路面形状を時間または距離の関数として扱う必要はなく、車輪の振動と車体の振動の関係を示す「伝達関数」を用いることで特性を表すことができる。

一般的な車両の条件での場合、1/4車両モデルの動的な特徴は図-24に示す伝達関数で表現できる<sup>22)</sup>。

この図は、車輪の振動数が0~24Hzの場合の車両の応答を、車輪の振幅と車体の振幅（入力と出力）の比率で表したものである。

なお、この図の1.3Hz付近のピークはサスペンション上の共振の影響、10.5Hz付近のピークはサスペンシ

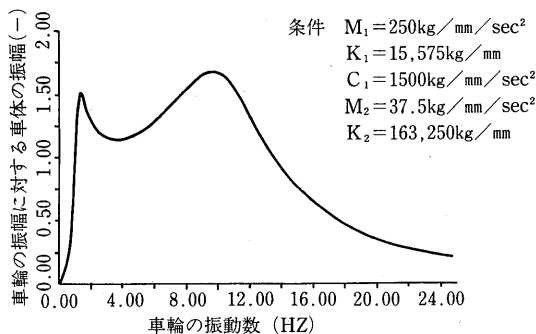


図-24 車輪の振動数、路面の凹凸による車輪の振幅および車体の振幅の関係（伝達関数）<sup>20)</sup>

ン下の共振の影響によるものである。

例えば、車輪の振動数が10Hzで走行した場合の車体の動きは、車輪の振幅の1.7倍に増幅されることになる。

一般的な車両は、図-24に示されるように車輪の振動数が1~14Hzの範囲で増幅率が1以上となっている。

4.3 1/2車両モデル<sup>3)</sup>

1/2車両モデルには、図-20および図-25に示すようなものが提案されている。

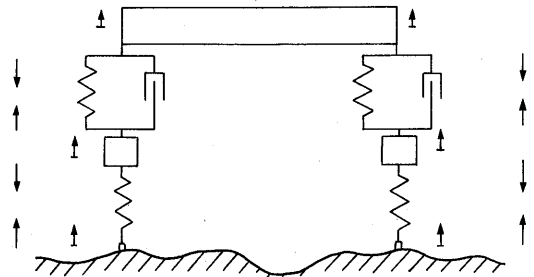


図-25 独立サスペンションを有する1/2車両モデル<sup>24)</sup>

図-20はサスペンション（左右の車輪）が軸で連結されたもの。図-25はサスペンション（左右の車輪）が独立しているものである。

例えば、図-20のモデルを用いて検討を行う場合は、左右の車輪の走行位置の路面形状が異なる場合には、回転運動（ねじれ）が生じる。しかし、路面形状の入力として左右の車輪が走行する路面形状の平均値を用いるのであれば回転運動は生じないため、1/4車両モデルを用いても結果は同じとなる。

このため、乗り心地、エネルギー損失、ならびにタイヤと路面間に発生する負荷等を検討する際には1/4車両モデルが利用されている<sup>19)</sup>。

言い替えると、左右の車輪の走行位置の路面形状が異なり、回転運動が生じる場合の挙動を解析するには、1/2車両モデルが必要となるわけである。

4.4 乗り心地の検討への1/4車両モデルの応用

(1) 乗り心地検討のためのモデル

乗り心地を検討する場合は、走行中の車両の座席に座っている人間の反応、つまり、振動に対する生理的の反応を知る必要がある。

人間も複数の減衰系を持つ質量-バネ系と考えると、1/4車両モデルを応用した図-26に示すモデルが考えられる<sup>19)</sup>。



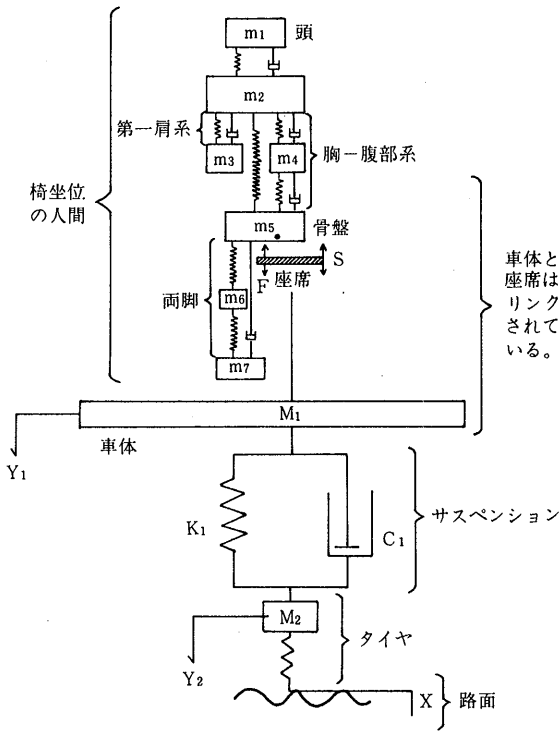


図-26 車に乗った人体の振動モデル<sup>19)</sup>

人間が特に不快に感じたり早期に疲労が蓄積する振動数(人間の共振点)や、座席に伝達される振動(加速度または振幅)の限界等の考慮が必要となるわけである。詳細については、榎戸らの報告<sup>19)</sup>を参照されたい。

乗り心地の評価方法の1つには、図-27のISO規格のNo.2631に示される振動数、垂直加速度、暴露時間別疲労感等の関係の適用があげられる。

この図からは、横軸の振動数を座席の振動数、縦軸を座席に生じる垂直加速度としてとらえることで、座

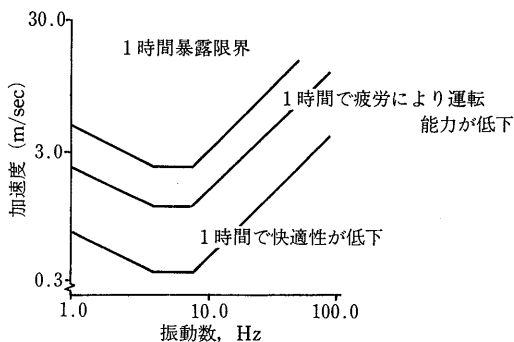


図-27 ISO・振動数～加速度～暴露時間別疲労感<sup>16)</sup>

席の振動数、座席に生じる垂直加速度、暴露時間と疲労感の関係が読み取れる。

この図からもわかるように、上下振動における共振点(小さな加速度で多くの疲労を感じる上下の振動数といえる)は4～8 Hzにあると言われている。

## (2) 乗り心地の評価

多くの乗り心地の解析モデルでは、前述のISO規格等を応用し、座席に生じる加速度の大きさを評価基準としている。

なお、座席に発生する加速度と床に発生する加速度はほぼ1:1と報告されており<sup>16)</sup>、車体に発生する加速度は座席に発生する加速度と等しいと考えることができる。このため、乗り心地の研究では、車体に発生する加速度が取り上げられている<sup>16)</sup>。

また、振幅1mm当たりの路面の凹凸により車体に発生する加速度( $m/sec^2$ )を与えると伝達関数が、図-28として示されている<sup>16)</sup>。なお、各条件は図-24に示したものと同様である。

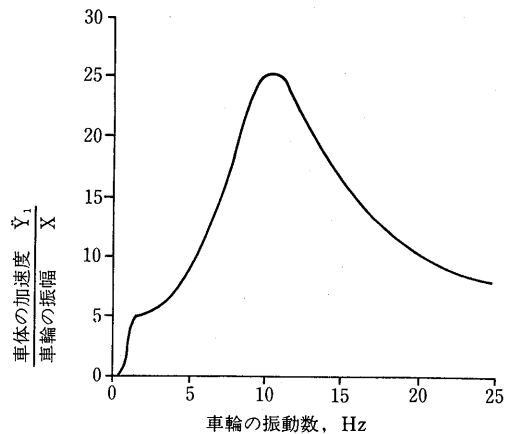


図-28 車輪の振動数～路面凹凸の振幅と車体の加速度の伝達関数<sup>16)</sup>

図-29は、89km/hの速度で8時間走行した時点で快適性が減少するレベルを示したもので、横軸には延長方向1mに存在する凹凸の数(周波数:  $c/m$ )、縦軸には路面凹凸の変化量(mm)が示されている<sup>16)</sup>。

なお、人間が振動として感じる上下運動の周波数は40Hz以下と言われており、89km/hの速度で走行した場合には、路面の凹凸の周波数が $1.64 c/m$ 以下の領域となる。

## 4.5 国際ラフネス指数IRI

ラフネス指数は、表-1のBPRタイプのラフォーメータでの測定結果の表現のように、一般に、ラフネスメ

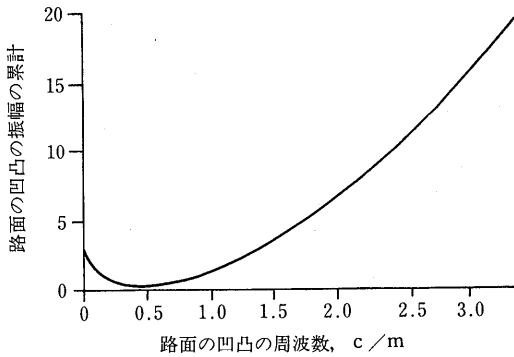


図-29 車速89km/hでの路面凹凸の周波数~路面凹凸の振幅の累計~快適性の低下<sup>16)</sup>

ータでの測定結果の表現に利用されるようである。

一方、IRI (International Roughness Index) は、ブラジル、英国、フランス、米国、ベルギーの混成研究チームにより実施されたIRRE (International Road Roughness Experiment) の成果として、既存の各種ラフネスの互換等を目的に提案されたもので、IRREにちなんで命名されたものである<sup>23)</sup>。

このIRIは、図-19と同様の一般的な1/4車両モデルを用い、走行位置の路面形状を入力とし、一定の速度で走行した際の、車両の上下方向の変位の累計と走行距離の比率（上下方向の変位の累計/走行距離）をm/kmまたはmm/mのように分母に分子の1000倍の単位を用いて表示するものである。また、車両の挙動が車速の影響を受けることから、IRIを求める際の標準速度は80km/hとされている。

図-30は、各種路面におけるIRIの範囲を概略示したものである<sup>25)</sup>。

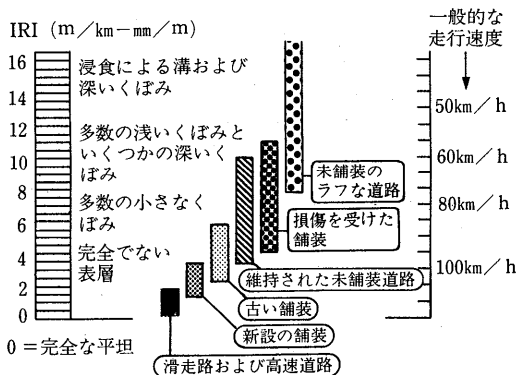


図-30 IRIラフネススケール<sup>25)</sup>

## 5. おわりに

以上、舗装の平坦性とサービス水準、平坦性の測定技術およびモデルによる路面の形状と車両の挙動の解析についてとりまとめたが、筆者らの理解力の不足および紙面の関係から十分な内容となっていないことをお許し願いたい。

なお、機会があれば1/4車両モデルを用いてのエネルギー損失およびタイヤと路面間に発生する負荷等についての検討や、1/2車両モデル、フルカーモデルを用いての車両の挙動についても取りまとめてみたいと考えている。

最後に、今回の原稿をとりまとめるにあたり、貴重な資料をご提供下さった方々ならびに御助言下さった姫野先生に紙面を借りて感謝の意を表します。

## — 参考文献 —

- 1) Yoder.E.J, Witzak.M.W : Principles of Pavement Design 2nd Edition : 1975
- 2) (社)土木学会：舗装機能の評価技術に関するセミナーテキスト「舗装機能の評価法」, p.55, 1992, 5
- 3) Hudson.W.R : Road Roughness, Its Elements and Measurement : TRR836, P.1
- 4) Cheng.K.T, Wambold.J.C, Henry.J.J : Roughness Computer Program for Engineers and Management : TRR893, P.7
- 5) 飯島尚, 今井博, 猪股和義：高速縦断凹凸測定機の検討：土木技術資料23-9, P.45
- 6) Wambold.J.C : Vehicle Dynamic of Road Roughness : The Pennsylvania Transportation Institute : 1989, May
- 7) (財)高速道路調査会：舗装の費用化に関する研究報告書(3) (日本道路公団委託) 昭和63年2月
- 8) 野上幸治, 宮洋光：平坦性試験：アスファルト vol. 29, No.147, P.40
- 9) 竹田敏憲, 阿部忠行：供用中道路舗装の調査法：アスファルト vol.25, No.132, P.23
- 10) (社)日本道路協会：舗装試験法便覧：昭和63年11月
- 11) Haas.R, Hudson.W.R : Pavement Management Systems : 1978
- 12) Spangler.E.B : Inertial Profilometer Uses in the Pavement Management Process : TRR893, pp. 20
- 13) Wambold.J.C, Defrain.L.E, Hegmon.R.R, Mcghee.K, Reicher.J, Spangler.E.B : State of

the Art of Measurement and Analysis of Road Roughness : TRR836, p.21

- 14) Tompson.P.D, Hatherly.L.W : The Development and Use of Pavement Management System in the UK : Fifth International of Confernce on the Structural Design of Asphalt Pavements : vol.I, p.564 1982 AUG
- 15) Sayers.M, Gillespie.T.D : Overview of Road Metter Operation in Measuring Pavement Roughness, with Suggested Improvements : TRR836, p.29
- 16) Wambold.J.C : Road Roughness Effects on Vehicle Dynamics, ASTM STP884 May 1985
- 17) Gillespie.T.G, Sayers.M : Roal of Road Roughness in Vehicle Ride : TRR836, p.15
- 18) 1991 Anualbook of ASTM Standard section 4 Construction : ASTM E1170-87 Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Lojgitudinal Profiles of a Vehicular Traveled Surface, 1991

- 19) 榎戸靖暢, 湯川ひとみ : 舗装の乗心地評価と生体反応, アスファルトNo.167, 1991
- 20) 亀山修一, 姫野賢治, 川村和幸 : 路面性状と振動乗り心地評価との関係に関する研究, 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集. 1991
- 21) 景山克三 : 自動車の性能と試験, 自動車工学全書 3, 山海堂
- 22) Gillespie.T.D, Sayers.M.W, Segel.L : Calibration of Response-type Road Roughness Measuring System, NCHRP Report228, December 1980
- 23) Michael.W.S, Thomas.D.G, William.D.O.P : Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Mesurements, world Bank Technical Paper Number46, 1986
- 24) Jack Criteay Project Engineer, Research : Pavement Roughness Evaluations Using A Mays Ride Meter, FHWA/NJ-82/003, June, 1981
- 25) Molenaar.A.A.A and Sweere.G.T : Road Roughness : Its Evalution and Effect on Riding Comfort and Pavement Life, TRR 836

## 石油アスファルト統計月報

B5 : 16ページ ¥500 (送料は実費) 毎月 1 日発行

アスファルトに関する統計資料を網羅し、月毎に発行する統計月報です。

広くご利用いただけるよう編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号  
和孝第10ビル  
社団法人日本アスファルト協会  
アスファルト統計月報係

### —目 次—

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト地域別月別販売量
- 石油アスファルト品種別通産局別月別販売量
- 石油関係諸元表

# 路面の総合的評価の現状

野村 敏明\*

## 1. はじめに

舗装の使命は、その利用者により心地がよく、安全性が高いなどのサービスを提供することであり、舗装の評価とは舗装がそのような状態であるかどうかを判定することといえる。すなわち、舗装の評価は道路利用者へのサービスの善し悪し（サービス性能）を調べることになる。

サービス性能は舗装の新設時には高く、年数および累積交通量の増加にしたがって低下する。ある時点において表面処理やオーバーレイなどの補修を施すことによりサービス性能は一時的に回復されるが、年数等の増加によって再び低下する。このようなサービス性能の履歴をパフォーマンス（従来、供用性という言葉が使用されているが、供用性の持つ意味が多岐にわたるため最近ではパフォーマンスが用いられている<sup>1)2)</sup>）と呼ばれている。

パフォーマンスは、交通の安全と快適性の観点から定められる「サービス水準」や、舗装の耐久性と構造機能を保つための維持修繕の要否判定の観点から定められる「維持管理水準」などの指標によって決定される。このうち、舗装のサービス水準は、道路利用者の主観により、主に乗り心地の良し悪しで評価されるのに対し、維持管理水準は、道路管理者により、主に維持修繕の必要性から見た路面性状の良し悪しで評価されている。このような利用者の主観的な満足度と、路面の客観的な性状とを結び付ける研究が数多くなされている。

路面性状としては、ひびわれ、わだち掘れ、平坦性などの個別の項目があり、これらを総合的に組み合わせた評価指標がいろいろな機関で提案されている。

本文では、路面の総合的評価の現状について日本の例を主体として述べる。

## 2. PSIとMCI

### 2.1 AASHO道路試験のPSI

世界で最初（1962年）に、車両走行の快適性を路面性状と関係つけて定量化を図ったのは、AASHO道路試験であり、PSI（Present Serviceability Index）というサービス指数であった。

一般の交通に開放されている道路から138区間（区間延長400m）を選び、道路建設技術者、道路管理技術者をはじめ自動車運送業者、車両製造業者などで構成される「サービス性能評価班」によって実際に走行試験を行い、5点法（5～4＝非常に良好、4～3＝良好、3～2＝普通、2～1＝悪い、1～0＝非常に悪い）によって舗装の供用成績（サービス指数）を採点した。つぎに、舗装の平坦性、ひびわれなどの路面性状を調査、測定して、これらの測定値とサービス指数との関係を統計的方法（重回帰分析）を用いて表-1に示す評価式を作成した。

AASHO道路試験では破損状況とPSIとを関係づけ、PSIの大きさに対応する修繕工法を設定している。

### 2.2 道路維持修繕要綱のPSI

わが国では、AASHO道路試験の成果を取り入れて、道路維持修繕要綱（昭和53年版）においてアスファルト舗装に対する供用性指数PSIを採用した。

PSIは全国の直轄国道の58区間（区間延長300m）を選び現場の道路管理者、技術事務所の道路調査担当者による路面視察評価と路面性状値（ひびわれ、わだち掘れ、縦断方向の凹凸）との重回帰分析により作成された。

道路維持修繕要綱では、PSIが総合的に路面を評価し、維持修繕の着工順位やおおよその工法を見出すなどの計画上の目安になるとし、AASHO道路試験のPSIと同様にその値に対する修繕工法を設定している。

### 2.3 建設省のMCI

建設省は、道路維持修繕要綱のPSIによる路面性状評価が実態と合わない面が出てきたこと、維持修繕の要

\*のむら としあき 日産化学工業株式会社技術研究所主任研究員

表-1 舗装路面の総合的評価方法の一例

国	評価指標	式	基準および対応工法																											
アメリカ AASHO <sup>3)</sup>	PSI (Present Serviceability Index : 測定時サービス指数)	<p>・アスファルト舗装の場合  <math>PSI = 5.03 - 1.91 \log (1 + SV) - 0.01 \sqrt{c + P} - 0.21 RD^2</math>                      ・コンクリート舗装の場合  <math>PSI = 5.41 - 1.80 \log (1 + SV) - 0.05 \sqrt{c + 3.3 P}</math></p> <p>SV : 内側と外側車輪通過位置の両者の凹凸度 (プロファイルメートルにより測定される角度) の分散の平均値                      C : 舗装面のひびわれ度 (アスファルト舗装は <math>m^2/1,000m^2</math>、コンクリート舗装は <math>m/1,000m</math>)                      P : 舗装面のバッチング度 (<math>m^2/1,000m^2</math>)                      RD : わだち掘れ深さの平均値 (cm)</p>	<table border="1"> <tr> <th>PSIの値</th> <th>対応工法</th> </tr> <tr> <td>2.5以上</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>1.5以上 2.5未満</td> <td>オーバーレイ</td> </tr> <tr> <td>1.5未満</td> <td>打換え</td> </tr> </table>	PSIの値	対応工法	2.5以上	—	1.5以上 2.5未満	オーバーレイ	1.5未満	打換え																			
PSIの値	対応工法																													
2.5以上	—																													
1.5以上 2.5未満	オーバーレイ																													
1.5未満	打換え																													
日本 ①道路維持修繕要綱 <sup>4)</sup>	PSI (Present Serviceability Index : 供用性指数)	$PSI = 4.53 - 0.518 \log \sigma - 0.371 \sqrt{c} - 0.174 D^2$ $\sigma$ : 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)	<table border="1"> <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																													
②建設省 <sup>5)</sup>	MCI (Maintenance Control Index : 維持管理指数)	$MCI = 10 - 1.48 C^{0.3} - 0.29 D^{0.7} - 0.47 \sigma^{0.2}$ $MCI_0 = 10 - 1.51 C^{0.3} - 0.3 D^{0.7}$ $MCI_1 = 10 - 2.23 C^{0.3}$ $MCI_2 = 10 - 0.54 D^{0.7}$ $C$ : ひびわれ率 (%) $D$ : わだち掘れ量 (mm) $\sigma$ : 縦断凹凸量 (mm)	<table border="1"> <tr> <th>MCI</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以下</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>	MCI	維持修繕基準	3以下	早急に修繕が必要	4以下	修繕が必要である	5以上	望ましい管理水準																			
MCI	維持修繕基準																													
3以下	早急に修繕が必要																													
4以下	修繕が必要である																													
5以上	望ましい管理水準																													
カナダ オンタリオ州 <sup>6)</sup>	DI (Distress Index)	$DI = 100 (a \times RCR / 10)^{1/2} \times (320 - DM) / 320$ $a$ : 地域的な係数であり、オンタリオ州を5つに分けて0.8~1.2の値をあてている $RCR$ : 乗り心地の評価値 (0~10) $DM$ : 破損の進行程度および密度別の重みの和と種類別の重みの積の和で最大値は320 $DM = \sum_{i=1}^{27} C_i (S_i + D_i)$ $C_i$ : 破損の種類別の重み $S_i$ : 破損の進行程度別の重み $D_i$ : 破損の密度別の重み	<table border="1"> <tr> <th>DI</th> <th>評価</th> <th>維持・補修方法</th> </tr> <tr> <td>0-20</td> <td>非常に劣悪から劣悪</td> <td>2年以内に打換え</td> </tr> <tr> <td>20-30</td> <td>劣悪</td> <td>2~3年後に打換え</td> </tr> <tr> <td>30-40</td> <td>劣悪から普通</td> <td>3~4年後に打換え</td> </tr> <tr> <td>40-50</td> <td>劣悪から普通</td> <td>4~5年後に打換え、または2年以内にオーバーレイ</td> </tr> <tr> <td>50-65</td> <td>普通</td> <td>3年以内にオーバーレイ</td> </tr> <tr> <td>65-75</td> <td>やや良好</td> <td>3~5年後にオーバーレイ</td> </tr> <tr> <td>75-90</td> <td>良好</td> <td>日常的維持</td> </tr> <tr> <td>90-100</td> <td>非常に良好</td> <td>不要</td> </tr> </table>	DI	評価	維持・補修方法	0-20	非常に劣悪から劣悪	2年以内に打換え	20-30	劣悪	2~3年後に打換え	30-40	劣悪から普通	3~4年後に打換え	40-50	劣悪から普通	4~5年後に打換え、または2年以内にオーバーレイ	50-65	普通	3年以内にオーバーレイ	65-75	やや良好	3~5年後にオーバーレイ	75-90	良好	日常的維持	90-100	非常に良好	不要
DI	評価	維持・補修方法																												
0-20	非常に劣悪から劣悪	2年以内に打換え																												
20-30	劣悪	2~3年後に打換え																												
30-40	劣悪から普通	3~4年後に打換え																												
40-50	劣悪から普通	4~5年後に打換え、または2年以内にオーバーレイ																												
50-65	普通	3年以内にオーバーレイ																												
65-75	やや良好	3~5年後にオーバーレイ																												
75-90	良好	日常的維持																												
90-100	非常に良好	不要																												

否判断の必要性等から新たな総合評価指標としてMCI (維持管理指数, Maintenance Control Index) を開発した。

MCIは、全国の直轄国道1808箇所(区間延長200~300 m)において、道路管理者による総合視察評価(路面のきめおよび一様性、すべりやすさ、ひびわれ等により10点法で数量化)を行い、ひびわれ、わだち掘れ、縦断凹凸量の3つの路面性状データ(長いものでは11年間のデータ)との重回帰分析により作成された。

MCIではひびわれ、わだち掘れ、縦断凹凸量の3特性による評価式の他に、2特性および1特性による評価式で求めることができるのがいままでにない特徴であり、それらの式から得られる最小のものをその舗装の評価値としている。

### 2.4 PSIとMCIの比較

AASHO道路試験および道路維持修繕要綱のPSIとMCIを比較したのが図-1である。これは各路面特性値が単独に変化した場合のPSI, MCIの減少値を示したもので、次のようなことがいえる。

- ・AASHOのPSIは縦断凹凸(乗り心地)を重視しているが、日本のPSI, MCIは共に縦断凹凸の影響は少なく、ひびわれやわだち掘れに重点をおいていることがわかる。
- ・MCI式は道路維持修繕要綱のPSI式と比べて、路面特性値が小さい場合を重視した式である。
- ・MCI式はPSI式と比べて、わだち掘れが比較的に小さい時の影響度を高めた式であり、わだち掘れによる走行の安全性や歩道への水はね等の管理上の問題を考慮したものである。

## 3. RCIとPINDEXモデル

### 3.1 RCI

舗装の評価は道路利用者側から見た乗り心地を適切に評価する必要があり、わが国においても最近、道路利用者による乗り心地調査が各機関で行われている<sup>8,9,10)</sup>。

建設省においては、MCIが維持修繕の必要性という道路管理者側から見た舗装評価の指標であることから、道路利用者側から見た乗り心地調査による路面管理方法の検討を行った。その調査は、3地方建設局で実施され、パネラーの走行試験による乗り心地評価と路面性状値(縦断方向凹凸量、ひびわれ率、わだち掘れ量)の関係調べた(表-2)。

その結果、ひびわれ率、わだち掘れ量を変数として

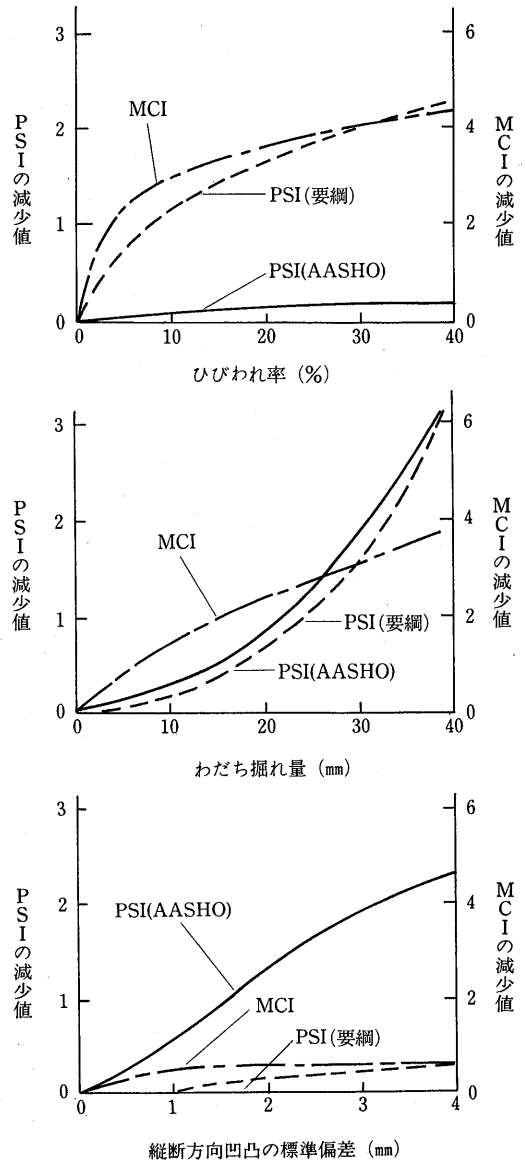


図-1 各路面特性値によるPSI, MCIの減少値

表-2 乗り心地評価と路面性状との相関式

項目 地建	重回帰式: $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	重相関 係 数
九州	$y = 4.30 - 0.5006x_1 - 0.00540x_2 + 0.00177x_3$	0.956
北陸	$y = 4.10 - 0.5949x_1 + 0.00294x_2 + 0.01593x_3$	0.833
中部	$y = 4.98 - 0.7918x_1 + 0.00429x_2 - 0.01822x_3$	0.897
3地建 合計	$y = 4.45 - 0.6711x_1 + 0.00359x_2 + 0.00413x_3$	0.865

ただし y …乗り心地主観評価  
 $x_1$  …縦断方向凹凸量 (mm)  
 $x_2$  …ひびわれ率 (%)  
 $x_3$  …わだち掘れ量 (mm)

加えても相関係数はほとんど改善されず、縦断方向凹凸量のみでかなりの相関になることがわかった。すなわち、道路利用者の感じる乗り心地に最も影響を与えるのは、縦断方向凹凸量であることが確認された。

これを基に全国レベルの乗り心地指数RCI (Riding Comfort Index) として次式を提案している。

$$RCI = 8.90 - 1.27\sigma$$

ただし  $\sigma \geq 0$  ( $\sigma$ : 縦断方向凹凸量 (mm))

また、道路利用者の立場から見たRCIの管理水準は、RCI=4となり、その場合の許容縦断方向凹凸量は3.9mmに相当する。

### 3.2 PINDEXモデル

建設省では次に、道路管理者側から見た舗装評価の指標であるMCIと、道路利用者の立場から見た乗り心地指数RCIを用いて、舗装の維持修繕の優先順位を定量的な数値評価によって合理的に決定するためのモデル(PINDEXモデル<sup>14)</sup>)を提案した。

このPINDEXは、MCIとRCIを4つの水準に分け、それぞれ水準に応じて与えられている点数を加算し、さらに沿道条件や交通量に応じた補正を行って算出される。現場での維持修繕工事の実態をできるだけ反映し、より現実的なシステムになるようにPINDEXモデルの修正が行われている。

### 4. カナダ、オンタリオ州における総合的評価

日本における路面の総合的評価については以上のものが代表的であるが、アメリカやカナダなどの国々においては、乗り心地を主体とした総合的評価手法が各州で提案されている。ここでは、カナダのオンタリオ州の例について紹介する。

カナダのオンタリオ州では、乗り心地の評価値RCR (Riding Comfort Rating) と、表面損傷、変形、ひびわれの3つのタイプの破損分類に基づく破損状況DM (Distress Manifestations) とを総合的に結び付けた舗装の評価式DI (Distress Index) を実用に供している。DIおよびDMは表-1に示す式で求められる。

RCRは一定速度(80km/hr)で走行した時の乗り心地評価で表-3に示すように10点満点で評価される。破損状況DMは表-4のように3タイプの破損分類からさらに27項目に分類され、それぞれの破損の種類に応じた重みが定められている。また、それぞれの破損の種類別に進行程度と密度について5段階で評価する基準が決められている(表-5)。

1つの破損の種類別に進行程度と密度の二面から評

表-3 RCRの評価基準

評点	一定速度での感じ	基準
10~8	非常に良い	スムーズで快適な乗り心地
8~6	良い	心地良い
6~4	普通	心地良くない
4~2	悪い	凹凸で激しく揺れる
2~0	非常に悪い	80km/hで危険

表-4 DMにおける破損の種類別の重み

破損タイプ		Ci	
表面損傷	粗骨材の損失	3.0	
	ラベリング	3.0	
	フラッシング	0.5	
変形	縦断方向の凹凸	0.5	
	寄り	0.5	
	わだち掘れ	3.0	
	ゆがみ	3.0	
ひび	わだち部縦断 (単)	1.0	
	(複)	1.5	
	(亀)	3.0	
	車線中央部 (単)	0.5	
	(複)	1.0	
	センターライン (単)	0.5	
	(複)	1.0	
	(亀)	2.0	
	び	曲がりくねった (単)	0.5
		(複)	1.0
	わ	端 (単)	0.5
		(複)	1.0
(亀)		1.5	
れ	横断 (一部)	0.5	
	(半分)	0.5	
	(全幅)	0.5	
	(複)	2.0	
	(亀)	3.0	
	ランダム	0.5	
ずれによる	0.5		

表-5 DMにおける破損の進行程度と密度の評価基準

重み	進行程度 (Si)			密度 (Di)	
	区分	わだち深さ	亀裂幅	区分	割合
0	ごくわずか	6mm以下	2mm以下	ほとんどない	10%以下
1	わずか	6~13mm	6~13mm	ところどころ	10~20%
2	中程度	13~19mm	13~19mm	かなり多い	20~50%
3	激しい	19~50mm	19~25mm	非常に多い	50~80%
4	非常に激しい	50mm以上	25mm以上	全面 (全長)	80%以上

価すること、および、ひびわれだけで20種類にも分類されていることなど非常にきめの細かい評価手法であると言える。

なお、DMの値は通常100以下であり、DMがDIに与える影響度合いは30%以下となる。すなわち、破損状況を十分細かく調査しても、最終の評価値DIはほとんど乗り心地の評価RCRの値で決まってしまうわけで、カナダにおいていかに乗り心地を重視しているかが伺える。

## 5. 総合的評価の今後の課題

路面性状としては、従来からひびわれ、わだち掘れ、平坦性などの特性値があり、これらと道路利用者の走行性・快適性に起因する乗り心地評価との相関関係の把握に多くの検討がなされ、いろいろな評価式が提案されてきた。

しかし、最近では、舗装の整備水準の上昇とともに、舗装に求められるニーズも高度化、多様化しており、そのため舗装の評価においても新たな評価方法が必要とされるのではなからうか。たとえば、高速走行による走行性の向上、道路環境・景観を含めた新しい快適性、すべり対策の1つである排水性舗装の普及に伴う安全性の質の変化などから、これまでとは若干異なった評価項目・水準が要求されてくるものと思われる。乗り心地の評価において、走行中の車両の動的特性を

踏まえた人間工学的な手法を取り入れようとする研究報告<sup>12)</sup>、Fuzzy理論やフラクタル理論を応用した新しい視点からの評価方法<sup>13,14)</sup>などはその一例といえよう。

また、舗装の評価はこれまで主として道路利用者や道路管理者について議論されてきたが、今後は沿道住民の立場も考慮した評価が望まれる。交通量の増大、大型車両の増加による振動および騒音は沿道住民にとって不快なものであり、特に市街地では大きな問題となってきた。したがって、振動、騒音の発生原因となる段差に関する管理水準は段々と厳しいものになっていくことが予測される。

いずれにしても、それぞれの立場を考慮して、地域条件、交通条件、沿道条件にあったきめ細かい舗装の評価式が必要になってくるものと考えられる。

### — 参考文献 —

- 1) 北海道土木技術会舗装研究委員会：舗装マネジメントシステム，(社)北海道舗装事業協会，1989.3
- 2) 土木学会：舗装機能の評価法，1992.5，P.1
- 3) 日本セメント技術協会：AASHO道路試験，1966
- 4) 日本道路協会：道路維持修繕要綱，1987
- 5) 建設省道路局国道第一課，建設省土木研究所：舗装の維持修繕に関する調査研究，第33回～35回建設省技術研究会報告，1979～1981
- 6) Chong,G.J., Phang,W.A., Wong,G.A. : Manual for Condition Rating of Flexible Pavements Manifestations, Ontario Ministry of Transportation and Communications, 1982.4
- 7) 飯島尚，今井博，猪股和義：MCIによる舗装の供用性の評価，第14回日本道路会議論文集，1981
- 8) 建設省道路局国道第一課，建設省土木研究所：第40回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集，舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究，1986
- 9) 高速道路調査会：舗装の評価に関する研究報告書(3)，1988.2
- 10) 首都高速道路公団：高架橋等の舗装に関する調査研究(昭和63年度)報告書，1989.3
- 11) 建設省道路局国道第一課，建設省土木研究所：第41回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集，舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究，1987
- 12) 榎戸靖暢，湯川ひとみ：舗装の乗り心地評価と生体反応，アスファルト，Vol.133，No.167，1991
- 13) 姫野賢治，菅原照雄，八谷好高：Fuzzy数量化理論第II類を用いた舗装の路面評価に関する研究，土木学会第45回年次学術講演会概要集，V-9，pp.44～45，1990.9
- 14) 阿部忠行，小川進：舗装ひびわれのフラクタル解析，土木学会第46回年次学術講演会概要集，V-9，pp.34～35，1991.9

☆

☆

☆

☆

☆

☆



凍結抑制舗装

我が国では路面の凍結防止工法としては、①機械除雪、②ロードヒーティング、③融雪施設、④凍結遅延剤散布、等が主体であったが、舗装の方からのアプローチとして凍結抑制機能を付加した舗装が目ざされている。

この舗装には現状では、塩化物を特殊加工した粉末又は粒子状のものをアスファルト混合物に所定量混合したものを表層に用い、塩化物の氷点降下を利用して路面の凍結を抑制するものと、ゴム粉末を配合し、ゴム粒子の弾性を利用して薄い氷結層を破壊するものがある。

塩化物の種類としては、初期には原塩を用いていたが、最近では効果の持続性の改善のために塩化カルシウムや塩化ナトリウム粒子の表面をエマルジョンで加工したものや、塩化物が溶出して空洞化を防ぐためにセメントや無機物で加工した微粒子が用いられている。ゴム粉末には廃棄ゴム粉末を用いている。

塩化カルシウムを主体にした微粒子を用いたアスファルト混合物の特徴には以下の傾向がある。

①凍結遅延剤を添加した場合、無添加のものに比べて最適アスファルト量 (O・A・C) は増加傾向にある。(図-1 参照)

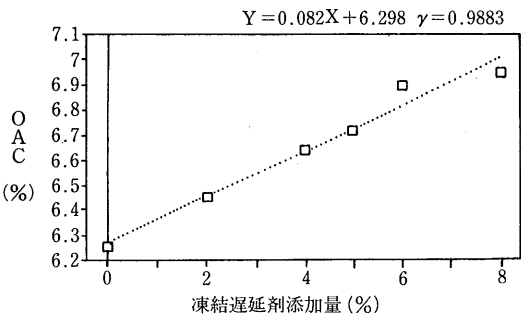


図-1 添加量とOACの関係

②凍結遅延剤を添加したアスコン (細粒G13F) では、マーシャル試験による共通範囲の中央値付近で骨材間隙率 (VMA) が最小になるので、共通範囲が求めにくい場合は、VMA最小点が目安となる。

③凍結遅延剤を添加したアスコンのF/Aは、その空隙を最小にする1.7前後が適正である。(図-2 参照)

④凍結遅延剤の効果は-3℃程度の温度までは有効で

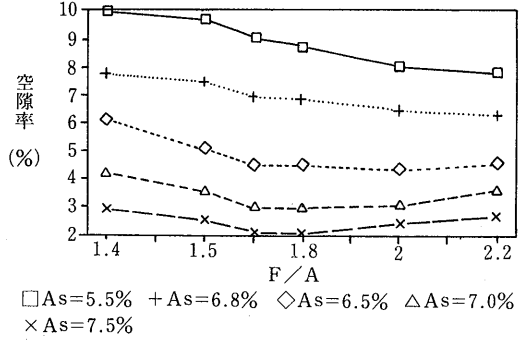


図-2 F/Aと空隙率の関係 (細粒G13F, 添加量5%)

ある。(図-3 参照)

⑤凍結遅延剤の添加量の増加に伴う塩分濃度の増加は5%の添加でほぼ飽和状態となり、また添加量の増加に伴い摩耗量が増加するので、効果がバランスした最小の添加量は5%が適当である。(図-4 参照)

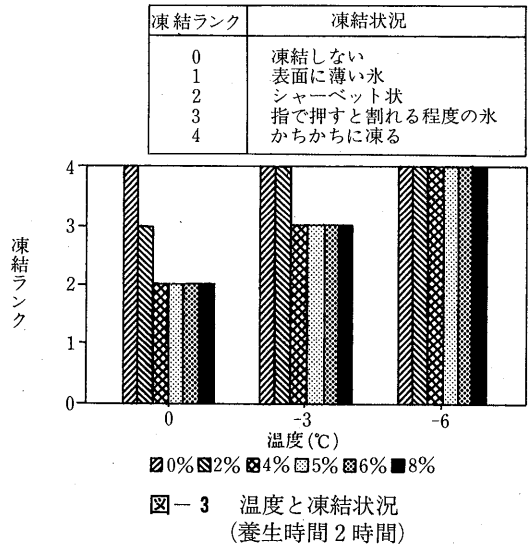


図-3 温度と凍結状況 (養生時間2時間)

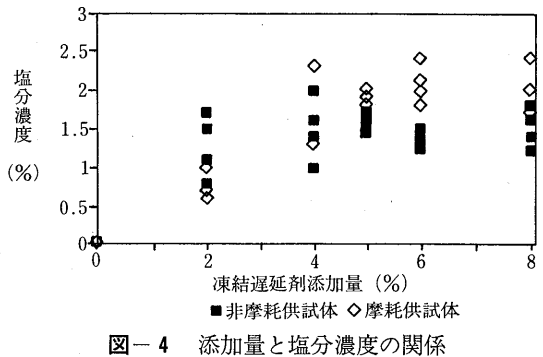


図-4 添加量と塩分濃度の関係

⑥夏期に舗装が車両走行による自然転圧によって路面が緻密になり(以下シーリングという)、塩化物の溶出が妨げられることを評価するためにホイールトラック試験機によってトラバース走行をかけた細粒G13Fと密粒20Fの60℃で96時間水浸試験を行ってみると、塩分濃度の低下が見られないことから、夏期にシーリングを受けた混合物であってもアルカリ溶出の持続性は期待できるし、アスコンの摩耗に対する抵抗性に対しても有利である。(図-5参照)

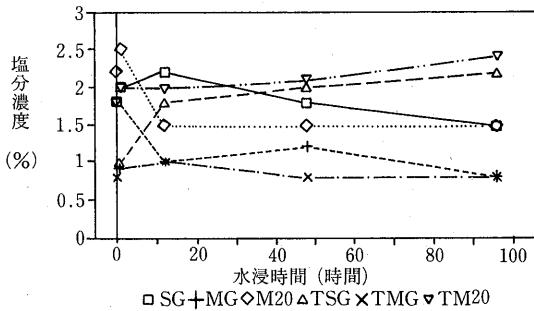


図-5 水浸時間と塩分濃度の関係 (水温60℃)

⑦細粒G13Fの粒度範囲の上・下限の比較では、下限側の方が透水係数が大きく、内部の塩分の溶出が大きいので、効果の持続性において不利になることから、粒度は、中央より上限側が好ましい。(表-1参照)

⑧効果の持続性と耐久性(耐流動・耐摩耗)の向上のためには、改質アスファルトの使用が有効である。改質アスファルトを使用する場合は、凍結遅延剤が熱分解を起こす温度以下で混合できる改質アスファルトを選定することが重要である。(図-6参照)

(小島逸平 熊谷道路機技術研究所)

表-1 水浸時間と塩分濃度の関係 (水温20℃)

粒 度	水 浸 時 間 (時間)	塩 分 濃 度 (%)
A	1	1.0
	12	1.4
	48	1.6
	96	1.6
B	1	0.9
	12	1.3
	48	1.7
	96	1.8
C	1	1.1
	12	1.2
	48	1.8
	96	1.9
D	1	1.1
	12	1.4
	48	1.8
	96	2.2

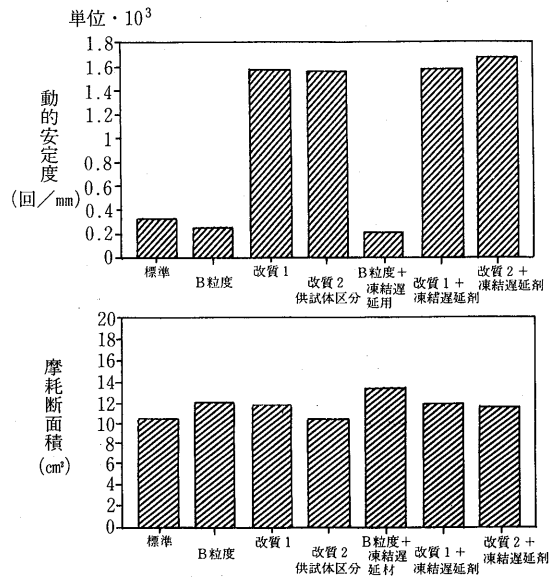


図-6 ホイール及びトラバース試験結果 (細粒G13F, 5%添加)

☆

☆

熱可塑性エラストマー・オレフィン系エラストマー

オレフィン系熱可塑性エラストマーは、ポリスチレン系及び塩化ビニル系とともに三大熱可塑性エラストマーとして位置付けられている。オレフィン系熱可塑性エラストマーは、アメリカのユニロイヤル社によって製造されたのが最初であり、国内では、三井石油化学工業、住友化学工業、三菱油化および日本合成ゴムの各社が販売している。

オレフィン系熱可塑性エラストマーの需要は約2万トン/年とされており、また価格はゴム銘柄で、600~900

円/kg程度である。表-1に用途例を示したが、主に自動車用で使用され、外装部品が50%、内装部品が15%とされており、非自動車用で使用されるものは35%と推定されている。

オレフィン系熱可塑性エラストマーの一般的特性として、耐熱性、耐寒性、耐候性、耐熱老化性、電気絶縁性、耐薬品に優れ、さらに軽量であるという特徴を有している。各種熱可塑性エラストマーの性能比較を表-2に示したが、オレフィン系熱可塑性エラストマ

表-1 オレフィン系熱可塑性エラストマーの用途例

分野	用途	成形法	特徴
自動車部品	①外装部品 バンパーおよびバンパー部品、スポイラー、マッドガード、サイドモール、トリム	射出	成形性、耐候性、低温衝撃性、軽量性
	②内装部品 天井材、窓肩材、インパネ表皮材	押出	加工性、耐寒性、感触、耐熱性
	③その他 ダクトホース、アクチュエータ ランプパッキン、ラックアンドピニオンブーツ ウェザーストリップ	ブロー射出 射出	成形性、耐熱性、耐湾曲疲労性 成形性、耐油性、耐熱性 成形性、軽量性
弱電部品	ホース類(洗濯機、掃除機、ふとん乾燥機) 各種パッキン、足ゴム 絶縁シート	ブロー射出 押出	軽量性、耐候性、耐熱性、ESCR性、柔軟性 加工性、絶縁性
電線ケーブル	フレキシブルコード、プースターケーブル、ポンプケーブル、索導管理被覆	押出	電気特性、加工性、耐熱性、耐寒性、耐摩耗性
土木・建材	防水シート、止水材、目地材	押出	熱融着性、耐熱性、成形性、耐寒性
その他	スキーシューズ、グリップ	射出 押出	成形性、柔軟性、耐寒性、耐熱性

表-2 各種熱可塑性エラストマーの性能比較

分類	オレフィン系	スチレン系	ポリエステル系	ポリウレタン系	塩化ビニル系
性能					
比重	0.89~0.97	0.95~1.1	1.1~1.2	1.1~1.3	1.2~1.4
硬度(ショア-A/日)	50A~65D	30A~70A	90A~70D	80A~60D	40A~80A
機械的強度	△	○	◎	◎	○
永久歪	△~○	△	△	◎	×
低温特性	○	○	○	△	×
高温特性	○	×~△	◎	○	×
耐候性	○	×~○	○	△	△
耐油性	×~△	×	◎	○	△
耐温水性	△	○	×	×	△
加工性					
射出成形	◎	◎	○	△	○
押出成形	○	△	×	×	◎

一は大半のゴム領域で利用できる熱可塑性エラストマーである。図-1に示す通り、オレフィン系熱可塑性エラストマーとして高温時にメルトする特徴から、使用限界温度が高くなっている。ゴムの性質の代表的なものとして圧縮永久歪性があり、各熱可塑性エラストマーとの比較を図-2に示したが、オレフィン系熱可

塑性エラストマーは、エラストマーの架橋度が高いほど歪性は良好である。

オレフィン系熱可塑性エラストマーは、主に自動車用バンパー材として数量を伸ばしてきたが今後は、ゴム部品への展開が大いに進むものとみられている。

〔児玉充生 昭和シェル石油㈱〕

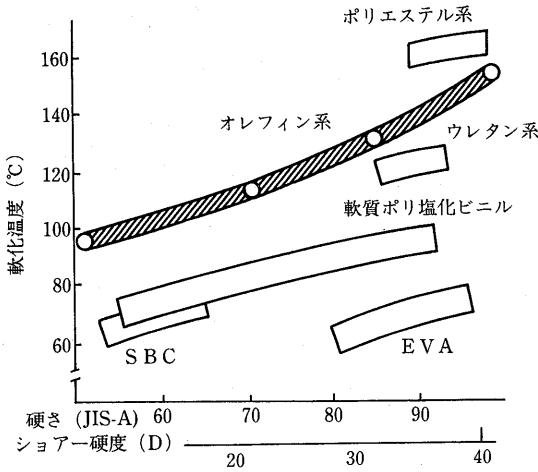


図-1 各種エラストマーの硬度と軟化温度

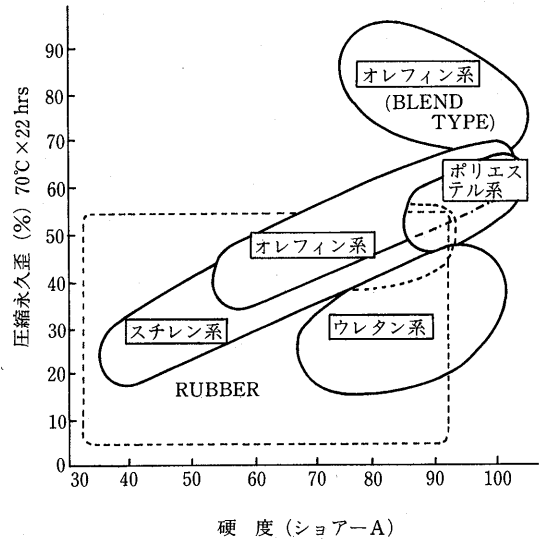


図-2 圧縮永久歪と硬度

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

# 平成3年市販アスファルトの性状調査

(社)日本アスファルト協会技術委員会

## 1. はじめに

市販アスファルトの性状調査については、JISと(社)日本道路協会規格が、異なっていた昭和49年当時より品質の適合性に関して毎年実施してきており、本年度も市販アスファルトの品質動向を把握するために行った。

## 2. 調査方法

各製油所毎に各製品の長期間にわたる性状範囲を報告してもらうアンケート方式で行った。

- (1) 調査対象は、ストレート・ブローン・防水工用アスファルトの全種類とする。
- (2) 製油所毎に、平成3年1月～12月に製造された当該製品の全ロットを対象に、試験項目毎の最大値、最小値、平均値を報告する。

## 3. データー提出機関

データーは、下記の各社製油所から本協会へ提出されている。(50音順)

出光興産	昭和四日市石油	日本石油
鹿島石油	西部石油	日本石油精製
九州石油	谷口石油精製	富士興産
極東石油工業	東燃	富士石油
興亜石油	東北石油	三菱石油
コスモ石油	新潟製油	ユニオン石油工業
三共油化工業	日本鉱業	歴世礦油
昭和シェル石油		

## 4. 調査結果

表-1～3の石油アスファルトの品質要約は、(1)ストレートアスファルト、(2)ブローンアスファルト、(3)防水工用アスファルトに分類し、全アンケート報告値から品質項目毎に、最大および最小値を抽出してまとめたもので調査期間中に製造された各種アスファルトの品質項目毎の範囲を示したものである。

表-4、5は、製油所毎の各品質項目における全ロットの平均値を、ストレートアスファルトのうち60～80、80～100の2種類について、取りまとめたものである。

## 5. あとがき

この性状調査は、前述のとおりアンケート方式による報告値を整理したものである。

報告内容は、

- (1) 各製油所の品質項目毎の試験値の最大値、最小値および全ロットの平均値であり、一連の性状が同一ロットの性状でないこと。
  - (2) 調査対象期間が、一年間に渡ったこと。
  - (3) 測定機関が異なっていること。
- などの理由から、品質範囲に幅があるが、JISや(社)日本道路協会規格の品質規格内にあり、適合している。

表-1 石油スファルト品質調査要約 (1) ストレートスファルト

項目	20 ~ 40		40 ~ 60		60 ~ 80		80 ~ 100		150 ~ 200	
	範囲	JIS	範囲	日本道路協会規格・JIS	範囲	日本道路協会規格・JIS	範囲	日本道路協会規格・JIS	範囲	JIS
針入度 (25℃)	26~33	20を超え40以下	42~55	40を超え60以下	61~80	60を超え80以下	81~100	80を超え100以下	153~200	150を超え200以下
軟化点 ℃	56.0~59.0	50.0~65.0	47.5~53.5	47.0~55.0	44.5~52.0	44.0~52.0	43.0~49.0	42.0~50.0	37.5~44.0	30.0~48.0
伸度 (15℃) cm			100以上	10以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上
伸度 (25℃) cm	100以上	50以上								
三塩化エタン可溶分 Wt%	99.9~100.0	99.0以上	99.6~100.0	99.0以上	99.0~100.0	99.0以上	99.2~100.0	99.0以上	99.1~100.0	99.0以上
引火点 ℃	308~338	260以上	308~370	260以上	270~376	260以上	270~368	260以上	292~368	240以上
薄膜加熱質量変化率 Wt %			-0.02~0.12	0.6以下	-0.19~0.26	0.6以下	-0.20~0.32	0.6以下		
薄膜加熱針入度残留率 %			61~80	58以上	55~90	55以上	52~72	50以上		
蒸発質量変化率 Wt%	-0.06~0.01	0.3以下							-0.06~0.03	1.0以下
蒸発後の針入度比 %			90~105	110以下	80~107	110以下	86~105	110以下		
密度 (15℃) g/cm <sup>3</sup>	1.027~1.043	1.000以上	1.030~1.048	1.000以上	1.017~1.051	1.000以上	1.019~1.044	1.000以上	1.016~1.032	1.000以上
動粘度 cSt 120 ℃			857~1,470		490~1,270		522~1,000		367~490	
動粘度 cSt 140 ℃			349~475		239~416		222~358			
動粘度 cSt 150 ℃			210~364		140~346		135~287			
動粘度 cSt 160 ℃			146~195		110~184		100~162		102~138	
動粘度 cSt 180 ℃			69~138		39~150		50~128		39~52	

表-2 石油アスファルト品質調査要約 (2) ブローンアスファルト

種 類 項 目	10 ~ 20		20 ~ 30		30 ~ 40	
	範 囲	J I S	範 囲	J I S	範 囲	J I S
針 入 度 (25℃)	11~20	10を超え20以下	21~29	20を超え30以下	36~36	30を超え40以下
軟 化 点 ℃	90.0~117.0	90.0以上	80.0~112.0	80.0以上	69.0~69.0	65.0以上
伸 度 (25℃) cm	2 ~ 5	1 以上	2 ~ 5	2 以上	5 ~ 5	3 以上
三塩化エタン 可 溶 分 Wt %	99.3~100.0	98.5以上	98.6~100.0	98.5以上	99.4~99.4	98.5以上
引 火 点 ℃	288~340	210以上	288~342	210以上	296~296	210以上
蒸発質量変化率 Wt %	-0.03~0.04	0.5以下	-0.02~0.02	0.5以下	-0.01~-0.01	0.5以下
針 入 度 指 数	2.6~5.6	2.5以上	2.7~6.1	2.5以上	1.9~1.9	1.0以上

表-3 石油アスファルト品質調査要約 (3) 防水工事用アスファルト

種 類 項 目	第 三 種		第 四 種	
	範 囲	J I S	範 囲	J I S
針 入 度 (25℃)	20~40	20以上40以下	32~49	30以上50以下
針 入 度 指 数	5.1~7.4	5.0以上	6.0~8.0	6.0以上
軟 化 点 ℃	100.0~130.0	100以上	100.0~119.5	95以上
蒸発質量変化率 Wt %	-0.03~0.02	1 以下	-0.03~0.01	1 以下
三塩化エタン可溶分 Wt %	97.8~100.0	95以上	96.8~100.0	92以上
引 火 点 ℃	280~332	280以上	282~332	280以上
フラスゼい化点 ℃	-28~-15	-15以下	-30~-20	-20以下
だ れ 長 さ mm	0 ~ 7	8 以下	0 ~ 5	8 以下
加 熱 安 定 性 ℃	0 ~ 4	5 以下	0 ~ 5	5 以下

表-4 ストレートアスファルト性状表 (60~80)

番号	針入度 (25℃)	軟化点 ℃	伸 度 (15℃) cm	三塩化 エタン 可溶分 Wt %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15℃) g/cm <sup>3</sup>	動 粘 度 (cSt)				
						質量変化 率 Wt %	針 入 度 残 留 率 %			120℃	140℃	150℃	160℃	180℃
1	66	50.9	100以上	99.6	327	0.00	67.0	98	1.035	1,149		261		87
2	68	47.7	140以上	99.9	338	-0.05	61.2	97	1.030	927		215		73
3	69	48.8	140以上	99.9	300以上	+0.03	66.0	98	1.029	835		302		132
4	67	48.0	140以上	100.0	300以上	+0.07	75.9	100	1.035	948	340	214	146	72
5	69	47.0	100以上	99.6	306	+0.01	69.0	98	1.034	827		193		66
6	68	48.5	130以上	100.0	303	-0.01	66.0	100	1.037	952	329	213	142	71
7	70	48.5	130以上	99.9	339	+0.09	67.0	98	1.027	872	312	201	135	68
8	66	48.9	150以上	99.9	345	+0.09	68.3	98	1.033	902		207		71
9	70	49.0	150以上	100.0	363	+0.10	68.0	98	1.034	965		218		74
10	70	48.5	150以上	99.9	270以上	-0.03	65.0	89	1.027	927		218		75
11	64	48.5	150以上	100.0	358	+0.10	64.0	100	1.033	1,020	360	251	150	73
12	65	48.0	150以上	99.9	362	+0.05	66.0	100	1.031	1,121	359	251	150	74
13	71	48.5	150以上	99.9	332	+0.02	64.0	94	1.019	917	335	217	149	78
14	70	46.0	100以上	99.7	362	+0.10	69.0	100	1.036	808		188		64
15	69	48.0	100以上	100.0	304	-0.08	66.6	100	1.029	891		195		65
16	70	48.5	150以上	100.0	294	-0.10	65.0	100	1.028	1,051		240		85
17	69	47.0	150以上	99.8	364	+0.08	76.0	92	1.028	965	341	228	149	76
18	69	49.0	150以上	99.8	340	+0.08	76.0	92	1.034	990	363	234	158	80
19	72	48.3	150以上	99.9	338	+0.02	63.0	101	1.034	953		225		77
20	68	48.0	140以上	99.9	310	+0.03	69.0	99	1.026	964	335		142	70
21	69	48.9	150以上	99.8	320	-0.04	63.3	100	1.032	885		204		71
22	73	47.0	100以上	100.0	343	+0.01	62.0	101	1.026	794	291	192	129	66
23	69	47.0	150以上	99.8	290	+0.24	61.0	83	1.037	1,033	363	232	155	100以下
24	68	49.1	100以上	100.0	335	+0.01	67.0	98	1.031	985	366	234	161	81
25	69	46.2	150以上	100.0	361	+0.06	77.4	98	1.032	747		189		68
26	66	46.8	150以上	100.0	367	+0.12	66.8	102	1.028	781		185		66
27	67	48.0	150以上	99.6	324	+0.07	64.0	101	1.031	844		224		81

表-5 ストレートアスファルト性状表 (80~100)

番号	針入度 (25℃)	軟化点 ℃	伸 度 (15℃) cm	三塩化 エタン 可溶分 Wt %	引火点 ℃	薄 膜 加 熱		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15℃) g/cm <sup>3</sup>	動 粘 度 (cSt)				
						質量変化 率 Wt %	針 入 度 残 留 率 %			120℃	140℃	150℃	160℃	180℃
1	91	48.0	100以上	99.3	320	0.00	58.0	99	1.032	895		217		75
2	89	45.2	140以上	99.9	331	-0.09	59.8	100	1.028	744		180		63
3	89	47.0	140以上	99.9	300以上	+0.05	66.0	99	1.027	691		259		116
4	90	45.5	100以上	99.5	306	-0.01	70.0	98	1.036	762		182		63
5	89	45.5	130以上	100.0	303	-0.10	65.0	100	1.032	752	274	178	121	61
6	91	46.0	150以上	100.0	347	+0.10	68.0	97	1.032	740		177		63
7	87	47.5	150以上	100.0	270以上	-0.02	69.0	94	1.024	764		185		65
8	90	45.5	150以上	100.0	356	+0.10	64.0	100	1.032	797	287	200	126	64
9	87	44.0	100以上	99.7	362	+0.11	68.0	102	1.038	720		169		58
10	86	46.5	100以上	99.9	331	+0.04	54.0	99	1.029	873	320	211	145	73
11	88	47.0	150以上	100.0	292	-0.11	68.0	100	1.025	813		186		64
12	89	46.5	150以上	99.9	337	+0.02	61.0	100	1.032	808		198		70
13	88	47.0	150以上	99.7	315	-0.04	59.9	100	1.029	714		172		61
14	87	45.0	100以上	100.0	343	+0.01	62.0	101	1.022	761	282	187	126	65
15	86	45.0	150以上	99.8	284	-0.31	63.0	88	1.035	783	268	179	122	100以下



<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
55年度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.6)	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	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,575	(100.3)	18	4,593	213	4,806
58年度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59年度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60年度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,035	(96.4)	0	5,035	215	5,250
61年度上期	215	2,656	(110.7)	0	3,130	2,568	(109.8)	0	2,568	291	2,859
61年度下期	291	3,089	(117.5)	0	3,380	3,128	(116.0)	0	3,128	235	3,363
61年度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,696	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62年度上期	235	2,745	(103.4)	7	2,987	2,681	(104.4)	0	2,681	312	2,993
62年度下期	312	3,146	(101.8)	2	3,460	3,181	(101.7)	0	3,181	274	3,455
62年度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63年度上期	274	2,754	(100.3)	3	3,031	2,734	(102.0)	1	2,735	287	3,022
63年度下期	287	3,150	(100.1)	0	3,437	3,219	(101.2)	0	3,219	219	3,438
63年度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元年度上期	219	2,895	(105.1)	1	3,115	2,732	(99.9)	1	2,733	372	3,105
元年度下期	372	3,170	(100.6)	0	3,542	3,258	(101.2)	3	3,261	276	3,537
元年度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2年度上期	276	3,046	(105.2)	0	3,322	2,974	(108.9)	5	2,979	323	3,302
2年度下期	321	3,231	(101.9)	1	3,553	3,231	(99.1)	3	3,234	310	3,544
2年度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3. 4月	310	530	(91.2)	0	840	531	(101.1)	0	531	309	840
5月	309	439	(102.3)	0	748	440	(94.0)	0	440	306	746
6月	306	423	(92.6)	0	729	441	(93.0)	0	441	288	729
4~6月	310	1,392	(94.9)	0	1,702	1,412	(96.3)	0	1,412	288	1,700
7月	288	504	(93.7)	0	792	494	(92.5)	0	494	297	791
8月	297	470	(85.8)	0	767	452	(93.6)	6	458	308	766
9月	308	479	(97.2)	0	787	484	(98.8)	0	484	302	786
7~9月	288	1,453	(92.0)	0	1,741	1,430	(94.8)	6	1,436	302	1,738
3年度上期	310	2,845	(93.4)	0	3,155	2,842	(95.6)	6	2,848	302	3,150
10月	302	513	(92.6)	0	815	521	(90.5)	6	527	288	815
11月	288	531	(99.3)	0	819	549	(98.0)	3	552	267	819
12月	267	552	(93.1)	0	819	568	(92.1)	3	571	248	819
10~12月	302	1,596	(94.9)	0	1,898	1,638	(93.4)	12	1,650	248	1,898
4. 1月	248	396	(100.0)	0	644	366	(97.1)	0	366	277	643
2月	277	463	(95.7)	0	740	461	(103.6)	0	461	279	740
3月	279	673	(100.7)	0	952	630	(96.0)	0	630	321	951
1~3月	248	1,532	(99.0)	0	1,780	1,457	(98.6)	0	1,457	321	1,778
3年度下期	302	3,128	(96.8)	0	3,430	3,095	(95.8)	12	3,107	321	3,428
3年度	310	5,973	(95.2)	0	6,283	5,937	(95.7)	18	5,955	321	6,276
4. 4月	231	523	(98.7)	0	754	510	(96.0)	7	517	326	843
5月	326	460	(104.8)	0	786	423	(96.1)	23	446	340	786

[注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 4年5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			
55年度	4,233	183	4,416	—	287	4,703	91.7	103.4	92.1	—	91.5	91.6
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	3,943	185	4,128	187	260	4,575	96.6	91.6	96.4	467.5	94.2	100.3
58年度	3,950	177	4,127	540	254	4,921	100.2	95.7	100.0	288.8	98.4	107.6
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	3,739	139	3,878	911	246	5,035	93.5	85.8	93.2	113.0	96.9	96.4
61年度上期	1,825	66	1,891	565	112	2,568	103.3	91.7	102.9	145.2	100.0	109.8
61年度下期	2,155	175	2,330	673	125	3,128	109.2	261.2	114.2	128.9	93.3	116.0
61年度	3,980	241	4,221	1,238	237	5,696	106.4	173.4	108.8	135.9	96.3	113.1
62年度上期	1,949	98	2,047	520	114	2,681	106.8	148.5	108.2	92.0	101.8	104.4
62年度下期	2,304	261	2,565	475	141	3,181	106.9	149.1	110.1	70.6	112.8	101.7
62年度	4,253	359	4,612	995	255	5,862	106.9	149.0	109.3	80.4	107.6	102.9
63年度上期	1,987	166	2,153	464	117	2,734	101.9	169.4	105.2	89.2	102.6	102.0
63年度下期	2,319	255	2,574	504	141	3,219	100.7	98.1	100.4	106.1	100.0	101.2
63年度	4,306	421	4,727	968	258	5,953	101.2	117.3	102.5	97.3	101.2	101.6
元年度上期	2,043	151	2,194	423	115	2,732	102.8	91.0	101.9	91.2	98.3	99.9
元年度下期	2,317	296	2,613	509	136	3,258	99.9	116.1	101.5	101.0	96.5	101.2
元年度	4,360	447	4,807	932	251	5,990	101.2	106.2	101.7	96.3	97.3	100.6
2年度上期	2,149	269	2,418	432	124	2,974	105.2	178.1	110.2	101.9	108.7	108.9
2年度下期	2,267	337	2,604	497	130	3,231	97.8	113.9	99.7	97.6	95.6	99.2
2年度	4,416	606	5,022	929	254	6,205	101.3	135.6	104.5	99.7	101.2	103.6
3. 4月	418	10	428	85	18	531	100.2	111.1	100.5	107.6	90.0	101.1
5月	326	45	371	50	19	440	100.0	77.6	96.6	78.1	95.0	94.0
6月	324	48	372	51	18	441	94.2	98.0	94.7	85.0	85.7	93.0
4~6月	1,068	103	1,171	186	55	1,412	98.3	88.8	97.3	91.6	90.2	96.3
7月	372	56	428	47	19	494	95.4	98.2	95.7	71.2	90.5	92.5
8月	317	52	369	65	18	452	94.3	106.1	95.8	82.3	94.7	93.6
9月	336	56	392	73	19	484	100.3	119.1	102.6	86.9	79.2	98.8
7~9月	1,025	164	1,189	185	56	1,430	96.5	107.2	97.9	80.8	87.5	94.8
3年度上期	2,093	267	2,360	371	111	2,842	97.4	99.3	97.6	85.9	89.5	95.6
10月	383	48	431	68	22	521	93.9	77.4	91.7	84.0	88.0	90.5
11月	415	48	463	61	25	549	100.7	114.3	102.0	73.5	108.7	98.0
12月	411	53	464	82	22	568	92.8	89.8	92.4	87.2	104.8	92.1
10~12月	1,209	149	1,358	211	69	1,638	95.7	91.4	95.2	81.8	100.0	93.4
4. 1月	223	54	277	70	19	366	101.8	100.0	101.5	83.3	95.0	97.1
2月	315	52	367	72	22	461	106.1	94.5	104.3	101.4	100.0	103.6
3月	472	67	539	71	20	630	96.9	103.1	97.6	84.5	100.0	96.0
1~3月	1,010	173	1,183	213	61	1,457	100.7	99.4	100.5	89.1	98.4	98.6
3年度下期	2,219	322	2,541	424	130	3,095	97.9	95.5	97.6	85.3	100.0	95.8
3年度	4,312	589	4,901	795	241	5,937	97.6	97.2	97.6	85.6	94.9	95.7
4. 4月	410	10	420	71	19	510	98.1	100.0	98.1	83.5	105.6	96.0
5月	300	44	344	60	19	423	92.0	97.8	92.7	120.0	100.0	96.1

- (注) (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 4年5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。

# 改質アスファルトを用いた混合物の設計・施工の手引き

B 5 版・37ページ・実費頒価 ¥ 500 (送料実費)

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  
和孝第10ビル

改質アスファルトは、アスファルト舗装の耐久性向上を目的として、舗装用石油アスファルトの性質を改善したアスファルトで、改質方法によってその性能も多様です。したがって、これを十分に理解したうえで利用しなければ、その機能を十分に発揮させられないところがあります。

そこで、(株)日本アスファルト協会では、改質アスファルトを使用する場合の適用場所の選定をはじめ、混合物の製造および施工についての手引きをとりまとめました。

この手引きは、わが国における現在の改質アスファルトに関する標準的な技術を示したもので関係者必読の書としておすすめします。

## 目 次

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. 総 説              | 5.3 最適アスファルト量の決定       |
| 1.1 概 説             | 5.4 流動対策               |
| 1.2 本手引きの適用にあたっての注意 | 5.5 摩耗対策               |
| 2. 改質アスファルト         | 5.6 すべり対策              |
| 2.1 分 類             | 5.7 その他                |
| 2.2 特 徴             | 6. 混合物の製造・運搬           |
| 2.3 品質規格            | 6.1 概 説                |
| 3. アスファルト混合物の破損と対策  | 6.2 改質アスファルトおよび改質材料の準備 |
| 3.1 概 説             | 6.3 混合物の製造の準備          |
| 3.2 流 動             | 6.4 混合物の製造・貯蔵・運搬       |
| 3.3 摩 耗             | 7. 混合物の舗設              |
| 3.4 すべり             | 7.1 概 説                |
| 3.5 その他             | 7.2 舗設準備               |
| 4. 改質アスファルトの適用      | 7.3 プライムコートおよびタックコート   |
| 4.1 一般地域における適用      | 7.4 舗設温度               |
| 4.2 積雪寒冷地域における適用    | 7.5 敷きならし              |
| 4.3 特殊箇所における適用      | 7.6 締固め                |
| 5. 配合設計             | 7.7 継 目                |
| 5.1 概 設             | 7.8 寒冷期の施工             |
| 5.2 配合設計における確認試験    | 8. 管理と検査               |

# フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針（案）

B 5 版・42ページ・実費頒価 ¥800（送料実費）

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  
和孝第10ビル

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。

弊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されました。

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 歴青材料	6-3	検 査
3-3 骨 材	7.	記 録

# アスファルト統計史

B 5 版・187ページ・実費頒価 ¥3,000(送料実費)

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  
和孝第10ビル

我が国において、アスファルトが利用されてきたのは紀元前にまでさかのぼることが出来ます。

当時の利用目的は、防水・接着剤等に用いられていたようですが、今日では、道路用を始めとして工業用・燃焼用と色々な用途に用いられるようになり、需要量も増大してまいりました。

当協会の調査委員会において、我が国のアスファルト統計について資料の収集・整理に努めて参り、「アスファルト統計史」を30周年記念として出版いたしました。

アスファルトに関する統計としては、我が国唯一の資料であり、内容的にもきめ細かく取りまとめられており、関係者必携の書としておすすめします。

## 目 次

### I. 生産量

- 1.アスファルト年別生産量
- 2.アスファルト品種別月別生産量
- 3.石油アスファルト月別生産量
- 4.石油アスファルト品種別月別生産量

### II. 内需量(販売)

- 1.アスファルト販売量
- 2.アスファルト品種別月別販売量
- 3.石油アスファルト月別内需量
- 4.石油アスファルト品種別月別内需量

### III. 輸出入

- 1.アスファルト年別輸入・輸出货量
- 2.アスファルト月別輸入・輸出货量

### IV. 在庫量

- 1.石油アスファルト年別在庫量
- 2.石油アスファルト月別在庫量
- 3.石油アスファルト品種別月別在庫量

### V. 販売量

- 1.石油アスファルト品種別針入度販売量
- 2.石油アスファルト品種別荷姿別販売量
- 3.石油アスファルト地域別月別販売量

社 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
出光興産株式会社	(100) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3 1 3 4
エッソ石油株式会社	(107) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9 4 3 8
鹿島石油株式会社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9 5 5 6
キグナス石油株式会社	(104) 中央区京橋2-9-2	03 (3535) 7 8 1 1
キグナス石油精製株式会社	(210) 川崎市川崎区浮島町3-1	044 (288) 8 4 4 5
九州石油株式会社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03 (3502) 3 6 5 1
共同石油株式会社	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (3224) 6 2 9 8
極東石油工業株式会社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3270) 0 8 4 1
興亜石油株式会社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03 (3241) 8 6 3 1
コスモ石油株式会社	(105) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3 1 2 1
三共油化工業株式会社	(100) 千代田区丸の内1-4-2	03 (3284) 1 9 1 1
昭和シェル石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03 (3503) 4 0 7 6
昭和四日市石油株式会社	(510) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2 1 1 1
西部石油株式会社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03 (3215) 3 0 8 1
ゼネラル石油株式会社	(105) 港区西新橋2-8-6	03 (3595) 8 4 1 0
東燃株式会社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03 (3286) 5 1 1 1
東北石油株式会社	(985) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1 1 2 2
日本鉱業株式会社	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (3505) 8 5 3 0
日本石油株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
日本石油精製株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
富士興産株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3 5 7 1
富士石油株式会社	(100) 千代田区大手町1-2-3	03 (3211) 6 5 3 1
三菱石油株式会社	(105) 港区虎ノ門1-2-4	03 (3595) 7 4 1 3
モービル石油株式会社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3244) 4 6 9 1

〔ディーラー〕

● 北海道

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
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
株式会社 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
東光商事株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011 (241) 1 5 6 1 三 石
中西瀝青株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5 日 石
株式会社 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		
株式会社 男鹿興業社	(010-05) 男鹿市船川港船川字埋立地1-18-2	0185(23) 3 2 9 3 共 石
カメイ株式会社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6 1 1 1 日 石
コスモアスファルト(株)仙台支店	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1 1 0 1 コ ス モ
正興産業株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区国分町3-3-5	022 (263) 5 9 5 1 三 石
竹中産業株式会社 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2 7 7 0 昭和 シェル
株式会社 トーアス仙台営業所	(980) 仙台市青葉区大町1-1-10	022 (262) 7 5 6 1 共 石
常盤商事株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区錦町1-10-11	022 (224) 1 1 5 1 三 石
中西瀝青株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-30	022 (223) 4 8 6 6 日 石
株式会社 南部商会仙台出張所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-17	022 (223) 1 0 1 1 日 石
ミヤセキ株式会社	(980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1 2 3 1 三 石
菱油販売株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-1	022 (225) 1 4 9 1 三 石
● 関 東		
朝日産業株式会社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7 8 7 8 コ ス モ
アスファルト産業株式会社	(104) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3 0 0 1 昭和 シェル
伊藤忠商事株式会社	(107) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6 5 4 8 九 石
伊藤忠燃料株式会社	(107) 港区赤坂2-17-22	03 (3584) 8 5 2 1 共 石
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7 5 4 1 コ ス モ
エムシーアスファルト株式会社	(105) 港区海岸1-11-1	03 (5404) 4 8 6 0 三 石
株式会社 木畑商会	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3 1 9 1 共 石
共立石油株式会社	(101) 千代田区神田西福田町3	03 (3256) 6 3 5 5 共 石
株式会社 ケイエム商運	(103) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1 6 3 1 三 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8 0 1 1 コ ス モ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8 2 3 1 出 光
株式会社 澤田商行 関東支店	(104) 中央区入船町1-7-2	03 (3551) 7 1 3 1 コ ス モ
三徳商事株式会社 東京支店	(101) 千代田区神田紺屋町11	03 (3254) 9 2 9 1 昭和 シェル
新日本商事株式会社	(101) 千代田区神田錦町2-5	03 (3294) 3 9 6 1 昭和 シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 港区浜松町2-3-31	03 (3578) 9 5 2 1 出 光
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0 1 8 5 昭和 シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿2-6-5	03 (3356) 8 0 6 1 モービル
株式会社 トーアス	(160) 新宿区西新宿2-7-1	03 (3342) 6 3 9 1 共 石
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (3496) 8 6 9 1 富 士 興
東京富士興産販売株式会社	(105) 港区虎ノ門1-13-4	03 (3591) 3 4 0 1 富 士 興
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋1-5-12	03 (3274) 2 7 5 1 三 石
東新瀝青株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3 5 5 1 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3552) 8 1 5 1 コ ス モ
東和産業株式会社	(174) 板橋区坂下3-29-11	03 (3968) 3 1 0 1 三 共 油 化
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3 4 7 1 日 石
株式会社 南部商会	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5 8 7 1 日 石
日石丸紅株式会社	(104) 中央区築地5-4-14	03 (3541) 4 0 1 5 日 石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巢鴨4-22-23	03 (3915) 7 1 5 1 昭和 シェル
日東石油株式会社	(104) 中央区新川2-3-11	03 (3551) 6 1 0 1 昭和 シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4 9 5 1 モービル
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 5 2 1 1 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
富士鉱油株式会社	(105) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2 8 9 1 コ ス モ
富士石油販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-12	03 (3274) 2 0 6 1 共 石
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3 5 0 1 富 士 興
丸紅エネルギー株式会社	(101) 千代田区神田錦町3-7-1	03 (3293) 4 1 1 1 モービル
三井石油株式会社	(101) 千代田区神田駿河台4-3	03 (3293) 7 1 1 1 極 東 石
ユニ石油株式会社	(101) 千代田区神田東紺屋町30	03 (3256) 3 4 4 1 昭和シェル
菱東商事株式会社	(101) 千代田区神田和泉町1-13-1	03 (5687) 1 2 8 1 三 石
菱油販売株式会社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (3345) 8 2 0 5 三 石
瀝青販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7 6 9 1 出 光
● 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 (353) 5 1 1 1 コ ス モ
三徳商事株式会社静岡支店	(420) 静岡市紺屋町11-12	0542 (55) 2 5 8 8 昭和シェル
三徳商事株式会社名古屋支店	(453) 名古屋市市中村区則武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) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1 1 9 5 モービル
新東亜交易株式会社名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3 5 1 4 富 士 興
竹中産業株式会社 福井営業所	(910) 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) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1 7 2 1 昭和シェル
株式会社トアス名古屋営業所	(450) 名古屋市中村区名駅4-2-12	052 (581) 3 5 8 5 共 石
富安産業株式会社	(939) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2 2 9 8 昭和シェル
中西瀝青株式会社名古屋営業所	(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) 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) 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) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2 2 7 1 モービル
飯野産業株式会社 神戸営業所	(650) 神戸市中央区海岸通り8	078 (333) 2 8 1 0 共 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0 0 3 1 出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7 2 1 2 コ ス モ
共和産業株式会社	(700) 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)広島支店	(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
昭和瀝青工業株式会社	(670) 姫路市北条口3-51	0792 (77) 5 0 0 1 共 石
信和興業株式会社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3 6 9 1 三 石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5 5 1 0 昭和シェル
正興産業株式会社	(650) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3 3 0 1 三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	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) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2 5 5 1 共 石
中西瀝青株式会社 大阪営業所	(530) 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) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	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) 小野田市稲荷町6539	0836 (83) 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) 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) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0 5 5 5 共石
株式会社 菱芳礦産	(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		
伊藤忠燃料株式会社 九州支社	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3 8 5 1 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
大分九石販売株式会社	(870) 大分市中央町1-1-3	0975 (34) 0 4 6 8 九石
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
株式会社 トーアス高松営業所	(760) 高松市亀井町8-11	0878 (37) 1 6 4 5 共石
中西瀝青株式会社 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
株式会社 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) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1 0 0 1 三石
畑砒油株式会社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3 6 2 5 コスモ
平和石油株式会社高松支店	(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  
藤井 治芳  
松野 三朗

編集委員

委員長：河野 宏	副委員長：真柴和昌
秋葉國造	菅野善朗
阿部忠行	栗谷川裕造
荒井孝雄	小島逸平
安崎 裕	児玉充生
飯島 尚	白神健児
	田井文夫
	山田 実
	辻 保人
	鶴窪廣洋
	野村敏明
	姫野賢治

アスファルト 第173号

平成4年10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 03-3502-3956

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 03-3571-0997(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 03-5563-0123(代)

Vol.35 No. 173 OCTOBER 1992

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

ASPHALT