

アスファルト

第27巻 第140号 昭和59年8月発行

140

特集・橋面舗装

橋面舗装の特集にあたって	多田宏行	2
長大橋の鋼床版橋面舗装	山口浩二・山岸一彦	4
首都高速道路におけるわだち掘れの研究	中島拓	17
阪神高速道路の舗装設計基準	江見晋・水元義久・中島裕之	28
試験舗装箇所の一例		34
試験舗装の紹介		
千住新橋試験舗装の経緯	小山内徳雄	36
阿武隈橋の鋼床版舗装	及川浩・西村太	46

アスファルト舗装技術研究グループ・第17回研究報告 56

セッションⅣ：舗装管理システム 大坪義治 57

舗装の維持管理システムに関する研究・第一回 阿部頼政 71

〈工事々務所長シリーズ・その21〉

高崎工事々務所五十年 井上啓一 79

〈用語の解説〉

配合設計 (Mix design)・5 t換算累積輪数 小島逸平 82

フラスゼい化点・タフネス・テナシティ 井町弘光 83

統計資料・石油アスファルト需給統計資料 84

第50回アスファルトゼミナール開催予告 (60・2・6 札幌市) 巻頭

ASPHALT

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

第50回 アスファルトゼミナール開催のご案内

主 催：社団法人 日本アスファルト協会

協 賛：社団法人 日本アスファルト乳剤協会

後 援：社団法人 北海道舗装事業協会

開催月日 昭和60年2月6日(水) 10:00~16:30

開催場所 札幌市 共済ホール(札幌市中央区北4条西1丁目)

- | | | | |
|---|--|--|---|
| 1. 挨拶 | 日本アスファルト協会会長
日本アスファルト協会名誉会長
北海道開発局長
北海道土木部長
日本道路公団札幌建設局長 | 玉河 哲夫
谷藤 正三
眞田 眞
大屋 満雄
河崎 保也 | 10:00~10:05
10:05~10:20
10:20~10:25
10:25~10:30
10:30~10:35 |
| 2. 道路整備の動向について | 建設省道路局道路経済調査室長 | 藤井 治芳 | 10:40~11:20 |
| 3. アスファルト舗装の技術開発について
(アスファルト舗装技術委員会報告) | 日本アスファルト協会顧問 | 多田 宏行 | 11:20~12:20 |
| | | [昼食休憩] | 12:20~13:20 |
| 4. 北海道における道路整備の動向について
(北海道における舗装事業活動を含め) | 北海道開発庁地政課長 | 松野 一博 | 13:20~14:20 |
| | | [休憩 10分] | |
| 5. 砂利道の歴青路面処理指針について | 建設省大臣官房技術調査官 | 奥野 晴彦 | 14:30~15:30 |
| 6. 最近における舗装技術の創意工夫について
(寒冷地舗装の問題を含め) | 日本アスファルト協会アスファルト舗装技術委員 | 小島 逸平 | 15:30~16:30 |

- 受講料 4,000円(途中入退場の別なし)当日「受付」までご持参下さい。
- 参加申込方法 ハガキに下記の必要事項記入の上郵送のこと。
 - (1) 50ゼミナール参加申込 (2) 参加者の勤務先と住所
 - (3) 参加者の氏名(同じ所属にて3名以上申込みの場合は参加代表者氏名と合計数記入)
- 参加申込先 〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 (和孝第10ビル)
(社)日本アスファルト協会 50ゼミ係(電話 03-502-3956)
- 参加申込期限 昭和59年11月30日まで到着のこと
- 注意事項
 - ※ 参加を申込みされた方へは折返し、参加受付の確認ハガキ(参加受付券)を送付致しますので当日「受付」までご持参下さい。
 - ※ 宿泊および交通の手配はお早めに各自にてお願いします。

橋面舗装の特集にあたって

多 田 宏 行

(社)日本アスファルト協会顧問

最近の道路は、構造規格の向上や用地確保の制約上などから、長大構造物を多く採入れて建設されるようになった。その結果、高架・橋梁部の舗装の実施例も極めて多くなり、またその特殊性の故に、橋面舗装に対する技術的関心が高かまっている。

すなわち橋面舗装は、後に述べるように一般部の舗装に比して著しく厳しい条件下におかれているうえに、道路の橋梁（高架）部分は、地域の交通流が絞られて集中する箇所である場合が多く、供用後の維持修繕も容易ではないので、とくに耐久性に優れた舗装を選定する必要がある。

橋面舗装の役割は、交通車両の快適な走行を確保する平坦な路面をつくるとともに、輪荷重を床版に伝達し、同時に交通荷重による衝撃、雨水その他の気象条件などから床版を保護することにある。

したがって橋面舗装の設計・施工に当っては、(a)交通条件、(b)気象条件、(c)床版の種類と力学的特性、(d)床版の平坦性と継手部の構造、(e)舗装厚と混合物の種類、(f)排水条件などを検討する必要があるが、ここでは特に留意すべき二、三の条件について考察する。

1. 耐流動性に優れた混合物を用いること

橋面舗装には、RC床版、鋼床版ともに現在のところアスファルト混合物（アスファルトコンクリート、グーラスアスファルトまたはこれらの組合せ）が一般に用いられている。

ところが高架橋梁部においては、交通車両の走行位置がほぼ一定することが多いばかりでなく、橋梁には必ず

設けられる伸縮継手において路面の連続性が破られるため、混合物が流動し易い。

たとえば、その供用延長の83%が高架橋梁部である首都高速道路においては、全補修面積の実に90%近くがわだち掘れ、すなわち混合物の流動を原因とする打換え工事となっている。これは首都高速道路が超重交通道路であるという特殊事情にもよるが、一般の橋面舗装でも、アスファルト混合物の流動対策が重要な課題であることには違いない。

交通荷重によるアスファルト舗装の塑性変形は、アスファルト混合物にとって本来避け難い現象ではあるが、配合設計法の改善や特殊材料の使用などにより、ある程度対応することが出来る。

混合物の配合における具体的操作には、(a)硬いアスファルトを用いる。(b)配合アスファルト量を減じる、(c)骨材の最大粒径を大にするなどが効果的ではあるが、云うまでもなくこれらの操作は、ひび割れを制御し得る範囲内で行なう必要がある点に工夫を要する。

特殊材料による対応としては、改質アスファルトまたは特殊骨材の利用などがある。前者にはゴム入りアスファルト、センプローンアスファルト、硬質アスファルトなどが実用化されている。

ゴム入りアスファルトは、ストレートアスファルトに比較して、タフネス（把握力）、テナシティ（粘結力）が高く、また感温性が鈍いという長所がある。プレミックスタイプとプラントミックスタイプの2種類があるが、本州四国連絡橋橋面舗装基準に規格が定められた改質Ⅰ型は前者に属し、因島大橋、門崎高架橋の鋼床版舗装の

表層に施工されている。

セミブローンアスファルトは、石油アスファルトにブローイング操作を加えて感温性を改善し、60℃粘度を10,000 poise 以上に高めた舗装用アスファルトで、重交通道路の流動対策を図る目的で開発され、アスファルト舗装要綱53年版に新たに規格が定められたものである。

硬質アスファルトは、針入度40以下のアスファルトをいい、本四舗装基準では石油アスファルトに精製トリニダットアスファルトを混合したグースアスファルト用バインダーとして規格を定めている。トリニダットアスファルトは、グースアスファルトの施工性（流動性）や安定性（貫入量、動的安定度）を改善するのに効果がある。

特殊骨材の利用は、加熱アスファルト混合物に多孔質の人工骨材を重量で4～6%添加混合することにより、アスファルトの軽質油分をこれに吸収させ、結果として硬いアスファルトを用いたのと同様の効果を狙ったものである。添加混合の取扱いが簡便な点が特長といえよう。

2. 床版との接着性、防水性を重視すること

交通荷重により床版が撓むと、舗装には引張歪が発生し、舗装の引張応力度が限界を超えれば、ひび割れを生じるに至る。したがって橋面舗装は、床版の撓みに追従し、かつ繰返し曲げ応力の作用にも耐えることが要求されるが、この場合、舗装と床版との接着が問題となる。

すなわち、両者の接着により合成効果が期待し得る場合と否とでは、舗装の引張応力度が大巾に異なるからである。このことは理論的には解析できることではあるが、舗装と床版との合成作用の実体については、必ずしも明かではないので、今後の実証的研究が望まれる。

また、雨水が舗装を浸透して床版に達すると、舗装と床版の接着をそこなう恐れがあり、鋼床版の場合には錆の発生を招き、RC床版では硬化時の収縮クラックや活荷重によるヘアクラックに水が浸入して鉄筋を腐蝕させ、床版の耐荷力を減少させる。

このように排水の不良は、舗装にとっても床版にとっても夫々の耐久性を低下させるものであるから、瀝青材料等の塗布または防水シートの貼付などにより防水層を設けるほか、排水勾配を適正にとるとともに、床版には必ず水抜穴を設けて、浸透した水を速やかに排除する必要がある。

3. 舗装厚と平坦性を確保すること

橋面舗装の厚さは6～9cmのものが多く、厚さが薄いほど死荷重が軽減され、橋梁全体として経済的になる。この傾向は、橋梁のスパンが長大化するほど著しく、橋面舗装の軽量化は橋梁の設計において重要な課題である。

しかしながら橋面舗装は一般部の舗装以上に厳しい条件にさらされるものであるから、舗装厚を徒らに薄くすることには問題があろう。

橋面舗装は、RC床版の不陸や鋼床版のボルトヘッドなどのため、その厚さが不均一になり、一様性が保たれないと、混合物のひび割れや流動の原因となり易いばかりでなく、舗装表面の平坦性を確保することが難かしい。

このためにレベリング層を設けるなどの対策がとられるが、その上に舗装する表層は3～4cmを一定に確保して、これを入念に施工する必要がある。

また、既に述べたように、橋梁の伸縮継手部は構造が複雑であるばかりでなく、その前後は剛性の差の大きい材料が相接する部分であるから凹凸が生じ勝ちなため、通行車両による衝撃が加わって、一般部より舗装の破壊が進み易い。

したがって、伸縮継手には平坦性が確保されるような構造上の工夫が望まれるが、さらに進めて、継手そのものの数を可能な限り少なくする様に、橋梁の設計段階における十分な配慮が肝要である。

さて橋面舗装は、どちらかといえば橋梁から与えられる条件、たとえば舗装の厚さ、床版の撓みなどを受けて、その機能を果たすべく、設計し施工される場合が多い。

しかしながら、与えられた条件に十分に対応することは、今日実用中の材料を前提とする限り、現在の舗装にとって必ずしも容易でない。

したがって今後は、新材料新工法の開発による技術水準の向上によって、橋面舗装の抱える苛酷な条件を一つ一つ克服してゆかねばならない。

長大橋の鋼床版橋面舗装

山口浩二* 山岸一彦**

1. まえがき

本州と四国を結ぶ本州四国連絡橋は、神戸～鳴門ルート（Aルート）、児島～坂出ルート（Dルート）、そして尾道～今治ルート（Eルート）の3ルートからなっている。（図-1）。道路の車線数はAルートが6車線、そしてDルートおよびEルートが4車線となっており、また、鉄道はAルートの場合には新幹線の複線、Dルートは在来線複線および新幹線複線の4線を併設する計画となっている。路線延長及び構造規格を表-1にまた主要橋梁を表-2に示す。この道路

・鉄道併用橋は図-2に示すように桁の構造が複床構造（ダブルデッキ）になっており、上路が道路、下路を鉄道が通る。

表-1 路線延長及構造規格

項目	種別	細目	神戸・鳴門	児島・坂出	尾道・今治
延長(km)	道路		81.1	37.5	60.1
	鉄道		89.8	32.4	—
構造基準	道路	規格	第1種第2級	第1種第2級	第1種第3級
		設計速度(km/h)	100	100	80
		車線数	6(一部4)	4	4
	鉄道	規格	新幹線規格	在来線(甲線)及び新幹線規格*	—
		軌道数	2	2+2	—

注※ 児島・坂出ルートの新幹線は将来併設できるようにしている。

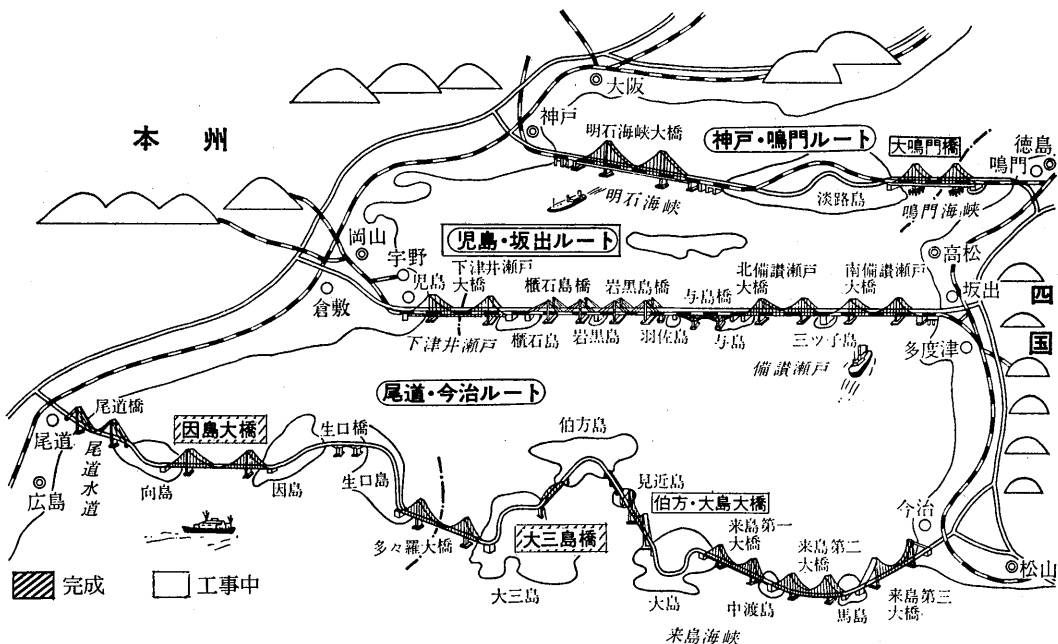


図-1 本州四国連絡橋の計画

*やまぐち こうじ 本州四国連絡橋公団設計第二課長

**やまぎし かずひこ 本州四国連絡橋公団設計第二課

表-2 主 な 橋 梁

ル ー ト	橋 名	型 式	径 間 長 (m)	床版形式	備 考
神戸～ 鳴門ルート	明石海峡大橋	吊 橋	890+1,780+890	鋼床版	
	門崎高架橋	鋼桁橋	3×108, 149.6+190.4+190.4+149.6	"	完 成
	大鳴門橋	吊 橋	93+330+876+330	"	工事中
児島～ 坂出ルート	下津井瀬戸大橋	"	230+940+230	"	"
	横石島高架橋	トラス橋	100.9	"	"
	横石島橋	斜張橋	185+420+185	"	"
	岩黒島橋	"	185+420+185	"	"
	羽佐島高架橋	トラス橋	125+137	"	"
	与島橋	"	175+245+165	"	"
	北備讃瀬戸大橋	吊 橋	274+990+274	"	"
	南備讃瀬戸大橋	"	274+1,100+274	"	"
尾道～ 今治ルート	番の州高架橋 (海峡部)	トラス橋	150+180+150	"	"
	尾道橋	斜張橋	85+210+85	"	
	因島大橋	吊 橋	250+770+250	"	完 成
	生口橋	P C 橋	150+250+150	P C 床版	
	多々羅大橋	吊 橋	300+890+300	鋼床版	
	大三島橋	アーチ橋	297 (支間長)	R C 床版	完 成
	伯方橋	鋼桁橋	90+145+90	鋼床版	工事中
	大島大橋	吊 橋	140+560+140	"	"
	米島第一大橋	"	80+190+860+194	"	
	米島第二大橋	"	110+550+110	"	
	米島第三大橋	"	260+1,000+260	"	

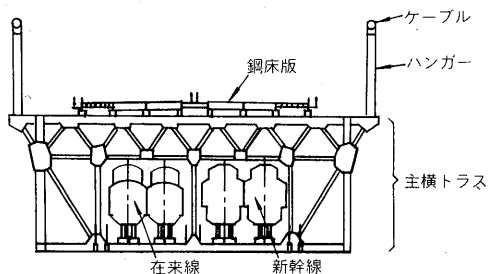


図-2 本州四国連絡橋吊橋の横断面の一例

工事は最初に本州と四国を結ぶ計画の児島～坂出ルートが今現在、最盛期を迎えており、海峡部では橋梁の下部工工事が終了し、上部工工事に移行しようとしている。他のルートではEルート of 因島大橋が大三島橋に続き、昨年12月に供用を開始し、またAルートの大鳴門橋は昭和60年の春の完成を目ざして工事の最終段階に入っている。

本州四国連絡橋の海峡部を横断する吊橋や斜張橋そしてトラス橋などの長大橋の橋面舗装は、厳しい海上の自然条件にさらされるうえに代替道路がなく、また維持補修も容易でないで、特に耐久性の高い構造であることが望まれる。ここで採用される床版形式は、できるだけ死荷重を軽減する必要があるために、従来の鉄筋コン

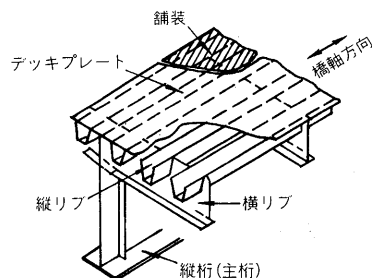


図-3 鋼床版の構造

リート床版に代わって鋼床版構造を用いている(図-3)。鋼床版は軽量であるという利点がある反面、変形性が大きく、特にその局部変形が鋼床版の舗装にひび割れ等を起こす原因の一つであると考えられる。鋼床版の設計においては、このような橋面舗装のひびわれを防ぐために、大きな局部変形を生じないよう構造上の配慮を行っている。^{1), 2)} 一方、橋面舗装に

においては、鋼床版の変形に追従し、かつ従来のアスファルト混合物に比べて薄層でありしかも安定度が高く、耐久性に富む舗装材料を検討する必要がある。

ここでは、現在まで検討されてきた鋼床版橋面舗装の検討経緯とその成果である橋面舗装基準について、因島大橋での橋面舗装工事について、それぞれ概要を述べたい。

2. 鋼床版舗装³⁾

舗装の観点から考えると鋼床版は鉄筋コンクリート床版と比較して次のような特徴がある。

- (1) 剛性が低いので局所的な変形が大きい。
- (2) 鋼板で作られているので防錆上の配慮が必要である。
- (3) 鋼床版全体の熱容量が小さいので温度の影響を受け易い。

2-1 変形特性

鋼床版はデッキプレートの裏面を縦リブと横リブで補剛した床版である。したがってコンクリート系の床版と比較して剛性が低いので、車両の輪荷重によって局部的に大きな変形を生じる。この変形は縦桁や縦リブ上では上に凸のものであり、舗装表面に引張り応力を生じさせる。変形はデッキプレートの板厚や縦リブや横リブの間

隔、縦リブと縦桁の間隔等に関連し、また舗装のスチフネス自体も鋼床版の変形に大きく影響する。

2-2 腐食性

鋼床版は鋼板で作られているため防錆上の配慮が必要である。特に本四連絡橋の場合、架設位置の腐食環境が厳しいことや舗装までの橋梁の架設期間が長いことから鋼床版の防錆は特に重要である。しかし防錆層や防水層を設けた場合、これらの舗装と鋼床版の接着性に与える影響を考慮する必要がある。

2-3 温度変動

鋼床版は熱容量が小さく、また熱伝導が良いため、外気温の影響を受けやすく温度の変動範囲が広い。したがって冬期間の舗装時には舗装体が冷め易いので、十分な転圧が行き届きにくく、締固めが低くなり易いことが考えられる。

さらに供用時においても冬季低温時には、舗装体が硬化し鋼床版の局部変形に追従できず、ひび割れが発生しやすい。また夏季高温時には、アスファルトの流動によるわだち掘れや縦流れなどが生じやすい。

2-4 鋼床版舗装の必要性能

鋼床版舗装は以下の点を満足しなければならない。

- (1) 鋼床版の変形に追従できるたわみやすさ。
- (2) 高温時に流動や変形を生じることのない安定性。
- (3) 低温時に硬化してクラックを生じない耐ひび割れ性。
- (4) 鋼床版を腐食させる水分の浸透を防ぐ不透水性。
- (5) 死荷重を軽減する薄層で軽量。
- (6) 床版に衝撃力を与えない平坦性。

3. 鋼床版舗装の設計条件⁴⁾

本州四国連絡橋の橋面舗装の調査研究にあたり、橋面舗装に影響を及ぼす外的条件について考えられるすべての条件をとり上げ、気象条件、交通条件、床版条件、構造条件、施工条件、維持条件、路面条件等に分類し、各々の項目について調査検討を行い、橋面舗装の設計条件を設定した。また、これに先立ち鋼床版舗装実態調査を行い鋼床版舗装の現況を把握し、鋼床版構造条件や舗装設計条件の検討資料とした。

鋼床版舗装の材料や構造検討を行うための設計条件をまとめると表-3のようになる。

表-3 材 料， 構 造 検 討 の 設 計 条 件

項 目	条 件	摘 要	項 目	条 件	摘 要
1. 気象条件			4. 構造条件		
1.1 路面温度			1) 舗装厚	65~75mm	
1) 最高温度	60℃	日最高気温の月平均32℃ 最高記録 神戸(1914.8.6) 37.6℃	2) 構造細目		
2) 最低温度	-10℃	日最低気温の月平均-1℃ 風速 60m/sec 最低記録 岡山(1963.1.24) -8.9℃	5. 施工関連条件		
2. 交通条件			1) 鋼床版の伸縮継手 間隔	52m	Dルート北備讃瀬戸大橋 4×13m=52m
2.1 輪荷重			鋼床版の伸縮継手 伸縮量	+34 -15 } 49mm	
1) 輪荷重	8 ton	T-20後輪	2) 現場継手溶接余盛	5mm	
2) 接地面積	1,000 cm ²	20cm×50cm	3) 吊りピース残部高さ	5mm	
3) 接地圧	8 kg/cm ²		4) 縦断勾配	最大 2.0%	
2.2 載荷時間			5) 横断勾配	1.5~2.0%	
1) 自動車走行速度	80km/時	60~120 km/時	6. 維持条件		
2) 載荷時間	0.01 秒/台	0.012~0.009 (秒/台)	1) 寿命	目標 20年	
3) 列車走行速度	160 km/時		2) 修繕方法	交通開放で修理	
2.3 繰返し回数			7. 路面性状条件		
1) 全交通量	44,600 台/日	昭和65年推定 明石海峡大橋	1) 平坦性(建設時)	標準偏差σ 1.80mm 以内	日本道路協会「路面性状に関する調査報告書」昭和49年3月参照 3mプロフィールメータ () 内はL>5m日本道路協会 橋梁の1/2
(大型車)	(5,000)		2) 段差(供用時)橋梁取付部	D<30mm (50)	
2) 5 ton 輪荷重換算交通量 最大	34×10 ⁶ 台/年・方向	明石・鳴門間昭和65年から10年間	段差(供用時)伸縮継手部	D<15	
3. 鋼床版条件			3) わだち掘(供用時)	20mm以下	
1) 曲率半径	20m	縦リブ上変形量	4) すべり摩擦抵抗(建設時)	0.35 以上	80km/時 土研式(湿潤状態)
2) たわみ	0.4 mm	縦リブ間の局部たわみ量			
3) 平坦性(設計面に対する凹凸量)	2 mm (リブ間)	溶接ひずみ「本四公団 鋼橋等製作基準」			

4. 舗装材料の検討⁵⁾

本州四国連絡橋の鋼床版舗装を対象とした舗装材料の検討は昭和48年以来行われてきている。ここではその概要を紹介したい。

当初、検討は次の点を目標にして始められた。

- (1) 舗装の寿命が従来の橋面舗装に比べて大幅に延伸できること。
- (2) 供用後の維持管理について考慮する。
- (3) 従来の舗装にこだわらず幅広い視野にたって検討を行う。

検討の第1段階として、舗装に使用可能と思われる材料(新材料)について、実績の有無、価格の高低、入手の難易などに関係なく広く検討を行った。検討はバインダー、骨材、フィラー、補強材、プライマー・タック材、防水材(目地シーリング材、補強材を含む)、そして剥離防止剤の7種類に分類して行った。

次に想定した舗装構成に対し、現在何等かの形でデータの得られている材料(選出した素材およびこれらを組合せた加工品)の中から、暫定的に定めた評価項目や試験法に基づいて検討を行い、経験的に効果の高いと思われるものを選択した。この段階での材料の評価方法は、この基礎となる工学的条件が十分明らかにされていないため、とりあえず、その時点で提示され判断している工学的条件と、従来の鋼床版の調査結果などから、本四の鋼床版舗装に要求される要件にできるだけ近いと推定される条件を想定して、暫定的な評価項目および試験法を決定した。

以上の検討の結果、その対象範囲をさらに絞るために、次に、以下の検討方針をとった。

- (1) 現行の橋面舗装に比べ大幅な耐久性の向上(およそ2倍以上)が期待できる舗装材料および舗装構成を検討して、現実的観点から製造および施工の可能性があると思われる材料を中心に基準モデルを作る。
- (2) (1)と平行して、基準モデルよりさらに優れた性能の有する材料や舗装構成そして施工法を開発することに努める。また材料の評価項目および試験法についてもさらに検討を行う。

基準モデルを作成するために、①表面処理層、②舗装本体(上層、下層)、③防水層、④接着層の4種類の基本的な舗装構成層を想定し、各々以下に述べる様に、多くの種類の材料を特性ごとに幾つかに分類し、その中からスポット的に一つを選出し、それらの性状試験を行って評価した。

(1) 表面処理層バインダー

エポキシ樹脂系材料を選定し、これらについては試作を行わず、市販品の中から組成別に大別して、それぞれのグループを代表すると思われるもの5種類を選んで、その性状試験と評価を行った。

(2) 舗装本体用バインダー

① コンクリート系混合用バインダー

(イ) アスファルト、スチレンブタジエンゴム(SBR)、クロロプレンゴム(CR)、エチレン酢酸ビニール共重合樹脂(EVA)、エチレンエチルアクリレート共重合樹脂(EEA)の5種類の素材を選定し、これらを組合せたバインダー(改質アスファルト)について41種類の試料を試作し、その性状試験と評価を行った。

また基準とするためのバインダーとして針入度60~80のストレートアスファルトおよびゴム入りアスファルトをそれぞれ1種を選んで試作品と同様の試験を行い、試作品の評価のための資料とした。

(ロ) アスファルト、エポキシ樹脂の2種類の素材を選定し、これを組合せたバインダーは市販品の中から3種類を選び、その性状試験と評価を行った。

② マスチック系混合物用バインダー

前項のコンクリート系混合物用バインダーの検討結果により選ばれた、CR改質アスファルト、EEA改質アスファルトそしてアスファルト改質エポキシ樹脂の3種類と、基準とするバインダーとしてアスファルトと天然アスファルトの2種類、合計5種類を選んでその性状試験と評価を行った。

(3) 防水材(防水シート)

- ① 材質の異なる不織布を基体とした防水シートを試作した。
- ② 材質の異なる不織布とアルミニウム箔を組合せて基体とした防水シートを試作した。
- ③ 基準のための防水シートとして、市販品の中から性状の明らかな繊維シート型のもの6種類とゴムシート型のもの6種類の計12種類を任意に選択した。

以上の試作品6種類および市販品12種類について、それぞれ性状試験と評価を行った。

(4) 接着層

瀝青・ゴム系、ゴム系、硬化性合成樹脂系(無溶剤型)の3分類に属する接着剤の中から、接着層用

に適すると考えられる12種類の材料を市販品の中から選んでそれぞれの性状試験と評価を行った。

評価の方法は先に暫定的に定めた評価方法に対し、ひきつづき試験方法を含めて検討を行った。

試作および試験は、バインダーに関しては建設省土木研究所舗装研究室で試作および試験を行った。また、防水材については同化学研究室が主体となって行った。

実験的検討の実施にあたっては、土木研究所が行った鋼床版橋面舗装の実態に関するアンケート調査の結果を参考にして、再度計画を検討しその適正を期した。

試作品のうち検討、評価を経て舗装本体用バインダー4種類と防水シート2種類が選出され、これらの試作品についてはその性状の再現性を確認するために、さらに数回にわたり製造を繰り返して性状試験を行った。

以上のような調査的検討および実験的検討の結果を整理して、基準モデルの作成のための材料を選出した。さらにこれらの材料について、層構造の検討、補足試験、フルスケールでの鋼床版橋面試験舗装や部分的な試験施工などを行って、施工性や供用性などについて工学的検討を加えた。そして以上の検討結果が総合的にまとめられ、本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)に盛り込まれた。

5. 橋面舗装基準^{5), 6), 7)}

5-1 概要

昭和48年以来実施してきた調査研究に基づき橋面舗装基準(案)が作成された。その特色を要約すると次のとおりである。

- (1) 可撓性をもつ鋼床版の変形に追従することができ、耐疲労性に優れた材料および舗装構成を選んだ。
- (2) 従来の橋面舗装と比較してより高い品質を要求したために、高規格のバインダーと骨材を使用することとした。バインダーとしては、わが国はもとより諸外国で使用実績があるものと、改良・試作を行ったものの中から、優れた品質を有し、製造および施工が可能なものを基準として規格を設けた。
- (3) わが国のアスファルト舗装の設計・施工の標準を示すアスファルト舗装要綱に規定されていない、接着層、防水層、目地および表面処理層に関する規定を新たに設けた。
- (4) 上記の材料の性能を十分に発揮させるために、混合物の混合から舗設に至るまでの各施工段階における作業基準を厳しく定めた。
- (5) 材料および舗装構成が新しく開発されたものであるから、施工に先立って試験施工を行うことを原則

とし、その結果に基づいて施工要領書を作成することとした。

- (6) 検査方法は、コア抜きによるサンプリングははがれにくく、鋼床版を傷つけ易いことから非破壊を原則とし、検査基準は非破壊検査が可能な出来形に関する項目に限定した。また品質検査は、各工種の施工が施工要領どおりに行われている否かを検査することでもって、これに代えた。

本基準の取扱う範囲には今後の研究開発に期待する部分も含んでおり、試験施工あるいは工事の実施段階における経験、実績に基づいて、規定を一層明確にする必要がある。また、この基準によって鋼床版橋面舗装を施工し、所期の成果を得るためには、適切な施工時期の選定と十分な工期の確保が必要不可欠の条件である。

本基準の内容を表-4に示す。この中で、本四では現在行っている工事において、舗装構成は下層をグースアスファルトとし、上層を改質アスコンとしているので、これらの基準について以下に述べたい。

5-2 グースアスファルト

(1) バインダー選定試験

バインダーとしてストレートアスファルト20~40、硬質アスファルト(ストレートアスファルト：精製トリニダットアスファルト=7：3)、改質アスファルトおよび硬化性アスファルトを選んだ。試験結果を表-5に示す。この結果、従来のグースアスファルトを基準に考えると、改質アスコンは貫入抵抗を高め動的安定度もかなり改良できることが期待できる。しかし施工時の流動性という点では問題が残る。硬化性アスファルトのグース系アスファルトの利用は熱硬化性の性質より従来の流し込み施工ということを考えて問題がある。

表-5 グースアスファルトのバインダー選定試験結果

バインダー種 項 目		ストアス 20~40	硬質アス ファルト	改質アス ファルト (CR)	改質アス ファルト (EEA)	硬 化 性 アスファルト 主剤 15.7 副剤 84.3
密 度 (g/cm ³)		2.365	2.406	2.386	2.391	2.385
流 動 性 (秒)	240℃	7.0	7.5	11.0	23.0	時間の変化に伴い硬化してくるので流動性は測定不能
	220℃	15.0	17.0	22.0	32.0	
貫 入 量 (mm)		4.0	2.9	2.3	0.6	1.7
吸 水 量 (%)		0.013	0.033	0.04	0.013	0.017
水浸前密度 (g/cm ³)		2.365	2.406	2.386	2.391	2.385
水浸後密度 (g/cm ³)		2.365	2.406	2.387	2.391	2.385
変形率 (10 ⁻² × mm/min)		136	77	99	24	6
D S (回/mm)		30.9	34.5	42.4	175.0	700.0
破壊時ひずみ (-10℃)		0.0057	0.0057	0.0053	0.0067	0.0047

表-4 本 四 橋 面 舗 装 基 準 の 内 容

第1章 総 則	6.4 使用量	7.6.4 硬化性アスファルト混合物
1.1 適用の範囲	6.5 気象条件	7.7 運 搬
1.2 用語の定義	6.6 施工面の整備	7.7.1 グースアスファルト
1.3 施工計画書	6.7 タックコートの散布	7.7.2 改質アスファルト混合物
第2章 設計施工条件	6.8 タックコートの養生	7.7.3 硬化性アスファルト混合物
2.1 鋼床版の表面	6.9 施工管理	7.8 舗設機械
2.2 鋼床版の変形量	第7章 下層・上層	7.8.1 舗設機械の承諾
2.3 伸縮装置	7.1 舗設面の整備	7.8.2 フィニッシャ
2.4 路面性状	7.2 バインダー	7.8.3 ロ ー ラ
第3章 舗装の構成	7.2.1 硬質アスファルトの品質	7.9 気象条件
3.1 舗装構成	7.2.2 改質アスファルトの品質	7.10 試験施工
3.2 各層の機能	7.2.3 硬化性アスファルトの品質	7.11 舗 設
3.3 接 着 層	7.2.4 バインダーの承諾	7.11.1 一般事項
3.4 防 水 層	7.2.5 バインダーの貯蔵	7.11.2 グースアスファルト
3.5 タックコート	7.3 骨 材	7.11.3 改質アスファルト混合物
3.6 舗装本体	7.3.1 粗 骨 材	7.11.4 硬化性アスファルト混合物
3.7 目 地	7.3.2 細 骨 材	7.12 継 目
3.8 表面処理層	7.3.3 フィラー	7.13 施工管理
3.9 舗 装 厚	7.3.4 骨材の承諾	第8章 目 地
第4章 接 着 層	7.3.5 骨材の貯蔵	8.1 機械器具
4.1 機械器具	7.4 舗装用混合物	8.2 目地材料の承諾
4.2 接着剤の承諾	7.4.1 グースアスファルト	8.3 目地材料
4.3 接 着 剤	7.4.1.1 骨材粒度およびバインダー量	8.4 プライマーの使用量
4.4.4 使用量	7.4.1.2 試験基準値	8.5 気象条件
4.5 気象条件	7.4.2 改質アスファルト混合物	8.6 試験施工
4.6 試験施工	7.4.2.1 骨材粒度およびバインダー量	8.7 目地内部または構造物側面の整備
4.7 鋼床版面の整備	7.4.2.2 試験基準値	8.8 目地の施工
4.8 接着剤の塗布または散布	7.4.3 硬化性アスファルト混合物	8.9 施工管理
4.9 養 生	7.4.3.1 骨材粒度およびバインダー量	第9章 表面処理層
4.10 施工管理	7.4.3.2 試験基準値	9.1 機械器具
第5章 防 水 層	7.4.4 室内配合	9.2 材料の承諾
5.1 機械器具	7.4.5 試験混合	9.3 材 料
5.2 防水材料の承諾	7.5 混 合 所	9.3.1 バインダー
5.3 防水材料	7.5.1 一 般	9.3.2 骨 材
5.4 使用量	7.5.2 グースアスファルト用混合所	9.4 使用量
5.5 気象条件	7.5.3 改質アスファルト混合物用混合所	9.5 気象条件
5.6 試験施工	7.5.4 硬化性アスファルト混合物用混合所	9.6 施工面の整備
5.7 施工面の整備	7.6 混 合	9.7 バインダーおよび骨材の散布
5.8 防水シート貼付用アスファルトの塗布および防水シートの貼付け	7.6.1 混合作業に関する一般事項	9.8 試験施工
5.9 施工管理	7.6.2 グースアスファルト	9.9 施工管理
第6章 タックコート	7.6.3 改質アスファルト混合物	付 録 試験方法
6.1 機械器具		
6.2 タックコート用材料の承諾		
6.3 タックコート用材料		

表-6 グースアスファルトの基準試験結果

バインダー種類	配合試験						曲 げ 試 験														ホイールトラッキング試験		
	バインダー率 (%)	バインダー積率 (%)	空 げ 率 (%)	密 度 (g/cm ³)	貫 入 量 (mm)	流動性 240℃ (秒)	バインダー率 (%)	空 げ 率 (%)	曲 げ 強 さ (kg/cm ²)				ひ ず み (cm/cm)				ス テ ィ フ ネ ス (kg/cm ²)						
									50 mm/min			1.27 mm/min	50 mm/min			1.27 mm/min	50mm/min			1.27 mm/min			
									-10℃	5℃	25℃	25℃	-10℃	5℃	25℃	25℃	-10℃	5℃	25℃	25℃			
硬質アスファルト	8.5	18.0	2.6	2.333	2.06	16.0	8.4	2.6	119.5	135.7	57.5	30.2	0.0121	0.0179	0.0235	0.0238	9,876	7,581	2,447	1,269	2.6	9.3	452
	9.0	19.0	2.4	2.323	2.65	8.3																	
	9.5	20.1	1.8	2.322	3.18	6.0	9.4	1.9	123.3	153.3	45.4	18.5	0.0127	0.0187	0.0292	0.0446	9,709	8,198	1,555	415	1.9	22.0	191
改質アスファルト(E E A)	9.5	21.4	1.2	2.300	0.80	14.0	9.4	1.4	112.5	134.6	30.3	13.7	0.0114	0.0253	0.0448	0.0380	9,868	5,217	876	436	1.4	16.7	251
	10.0	22.4	1.3	2.281	0.91	9.2																	
	10.5	23.4	0.9	2.274	1.10	6.2	10.4	0.5	110.0	112.4	22.7	11.7	0.0138	0.0258	0.0448	0.0380	7,971	4,373	507	308	0.5	28.0	150

(2) グースアスファルト基準試験

基準試験用のバインダーとしてストレートアスファルト系として硬質アスファルト、改質アスファルト系としては動的安定度の高い改質アスファルト(E E A)が選ばれた。硬質アスファルトは60℃変形抵抗性をさらに向上させる目的で、ベースアスファルトをストレートアスファルト20～40とし、ストレートアスファルト20～40：精製トリニダットアスファルト＝75：25 とした。基準試験結果を表-6に示す。この結果、精製トリニダットアスファルトが優れていることがわかった。

(3) グースアスファルトの規格

① 硬質アスファルト(バインダー)の規格

グースアスファルト用の硬質アスファルトは表-7に示す規格に合格するものでなければならない。

硬質アスファルトとは、針入度40以下のアス

ファルトを言い、本基準では精製トリニダットアスファルトと石油アスファルトを混合したグースアスファルト用バインダーに限定する。精製トリニダットアスファルトはトリニダッド島のアスファルト湖から得られ精製された天然アスファルトである。

舗装用歴青混合物に精製トリニダットアスファルトを用いることの効果としては、グースアスファルトの作業性(流動性)や安定性(貫入量、動的安定度)などを良くすることが経験的に認められてきている。

表-7の硬質アスファルトは針入度20～40の石油アスファルト75重量%と精製トリニダッドアスファルト25重量%を混合したものを基準としている。この基準は表-8に示す規格の石油アスファ

表-8 硬質アスファルト素材の規格

表-7 硬質アスファルトの規格			
項 目	規 格 値	試 験 法	
針 入 度 (25℃)(1/10mm)	15～30	JIS K 2207	
軟 化 点 (℃)	58～68	JIS K 2207	
伸 度 (25℃)(cm)	10以上	JIS K 2207	
蒸発質量変化率 (%)	0.5以下	JIS K 2207	
三塩化エタン可溶分 (%)	86～91	JIS K 2207	
引 火 点 (C.O.C)(℃)	240以上	JIS K 2274	
比 重 (25℃/25℃)	1.07～1.13	JIS K 2249	

項 目	規 格 値		試 験 法
	石油 As	精製トリニダット As	
針 入 度 (25℃)(1/10mm)	20を超え40以下	1～4	JIS K 2207
軟 化 点 (℃)	55.0～65.0	93～98	JIS K 2207
伸 度 (25℃)(cm)	50以上	—	JIS K 2207
蒸発質量変化率 (%)	0.3以下	—	JIS K 2207
三塩化エタン可溶分 (%)	99.0以上	52.5～55.5	JIS K 2207
引 火 点 (C.O.C)(℃)	260以上	240以上	JIS K 2274
比 重 (25℃/25℃)	1.00以上	1.38～1.42	JIS K 2249

ルトと精製トリニグットアスファルトを重量比75
：25に混合すれば適合する。

② 骨材粒度およびバインダー量

グースアスファルトの基準とする骨材粒度は、粗骨材、細骨材、フィラーを配合したとき、表-9に示す範囲を満足するものでなければならない。バインダー（硬質アスファルト）の量は7～10%を標準とする。

在来鋼床版舗装の経験から、防水層を兼ねる混合物として、流し込み施工のグースアスファルトがある。この基準においては、これに用いるバインダーを硬めとし、骨材粒度は「アスファルト舗装要綱（昭和53年版）」のグースアスファルトと同様とした。

バインダーとしては、在来のグースアスファルトの耐わだち掘れ性を高めるために、20～40ストレートアスファルトを精製トリニグットアスファルトとを混合して用いることとした。

表-9 グースアスファルトの骨材粒度

ふるい目 (mm)	ふるい通過重量百分率 (%)
13	100
5	65～85
2.5	45～62
0.6	35～50
0.3	28～42
0.15	25～34
0.074	20～27

なお、使用するバインダー量については、「アスファルト舗装要綱」の標準値をそのまま標準として採用した。

③ 試験基準値

グースアスファルトは、表-10に示す基準値に合格するものでなければならない。

作業性についてはリュエル流動性が3～20秒にあることが望ましい。「アスファルト舗装要綱（昭和53年版）」の流動性の上限は260℃で20秒

表-10 グースアスファルトの基準値

項 目	基 準 値
流動性試験、リュエル流動性 (240℃) (sec)	20以下
貫入量試験、貫入量(40℃, 52.5kg/5cm ² , 30分)(mm)	1～4
ホイールトラッキング試験、動的安定度 (60℃, 6.4 kg/cm ²) (回/mm)	300以上
曲げ試験、破断ひずみ (-10℃, 50mm/min)	8.0×10 ⁻³ 以上

であるが、余裕をみて240℃以下で20秒と規定した。配合設計の目標値は240℃で18秒程度である。下限の3秒については作業温度を低下させることによって3秒以上に高められるので規定から除いた。

貫入量については「アスファルト舗装要綱（昭和53年版）」の表層の基準値を採用した。配合設計の目標値は1.5mm程度である。

動的安定度については、検討実験の結果と実施例の品質とを考慮して基準値を決めた。グースアスファルトを上層に用いる場合には動的安定度は500～1,000が望ましいであろう。

曲げ破断ひずみについては、現在のところ規定の根拠となるものが得られていないので、検討実験の結果の約70%の値をもって規定をした。

流動性試験はリュエルの方法による。

5-3 改質アスコン

(1) バインダーの選定試験

アスファルトの改質は改質材としてゴムおよび樹脂が素材として考えられ、ゴム入りアスファルト、樹脂入りアスファルト、ゴム・樹脂入りアスファルトの三つの系とした。また、バインダーの基材となるベースアスファルトとしては針入度が60～80, 80～100, 150～200の3種類のストレートアスファルトを用いた。そして出来上がった試作品の針入度が約60～80となり、また200℃の粘度が500 cSt以下となるよう目標を定めて改質材の添加量とベースアスファルトの硬さを選択し、41種類の試作品の配合を設計した。また、比較例の基準系バインダーとして、針入度60～80とストレートアスファルトと市販の改質アスファルトの中から使用実績が多く、標準的な特性を表わすゴム入りアスファルトを1種選定し、試作品と同様な試験を実施した。

(2) 改質アスファルトの基準試験

混合物の基準試験として選出するために、付着力（水浸マーシャル安定度）、変形抵抗（ホイールトラッキング試験；DS値）、たわみ性（曲げ試験；ひずみ量）の三つの特性に着目し、改質材がゴムのもの1種と、樹脂のもの2種を選定した。

(3) 改質アスファルトの規格

① 改質アスファルトの規格

混合物基準値を満足し、工業的に生産が可能であり、現施工機械で施工が行うことのできると考えられるバインダーの規格を設けた。

表-11 改質アスファルトの規格

項 目		規 格 値		比 較 例	試 験 法
		I 型	Ⅱ 型	ストアス80～100 の1例	
針 入 度 (25℃)(1/10mm)		60 ～ 100	60 ～ 100	88	JIS K 2207
軟 化 点 (℃)		55 ～ 65	60～75	47.0	JIS K 2207
伸 度 (10℃) (cm)		50以上	10以上	150	JIS K 2207
フラスぜい化点 (℃)		－12以下	－12以下	－ 13	JIS K 2207
タ フ ネ ス (25℃)(kg・cm)		120 以上	30以上	34	橋面舗装基準
テ ナ シ テ ィ ー (25℃)(kg・cm)		100 以上	10以上	9.5	
粒 度	60 ℃ (ボアズ)	4,000 以上	16,000 以上	1,300	ASTM D-2171
	160 ℃ (S F S)	500 以下	1,000 以上	64	JIS K 2207
	200 ℃ (S F S)	200 以下	300 以下	22	
引 火 点 (C.O.C) (℃)		280 以上	280 以上	340	JIS K 2274
灰 分 (%)		1.0 以下	1.0 以下	0.07	JIS K 2272
比 重 (25℃/25℃)		1.000 以上	1.000 以上	1.030	JIS K 2249
薄膜加熱(180℃× 2.5時間)後 (％)	蒸 発 量	0.3 以下	0.3 以下	0.01	JIS K 2207
	残留針入度	65以上	65以上	65	条件変更
	軟 化 点	80 ～ 110		—	—

改質アスファルトの品質は表-11に示す規格に合格するものでなければならない。

ここでいう改質アスファルトは、石油アスファルトに熱可塑性樹脂などを均一に相溶させたもので、本基準ではゴム添加により、またはゴムと樹脂の添加により改良した舗装本体用混合物のバインダーを指す。

I型、II型はアスファルトに各種ゴム、樹脂類のうちから1種または2種を種々の割合で混合し、これらの物性評価を行った結果得られた、品質の優れたバインダーである。I型、II型はともに混合物試験結果に差がなく、明確な優劣をつけがたいことから両方を併記した。

I型は60~80ストレートアスファルト100重量部にゴム7重量部程度、II型は80~100ストレートアスファルト100重量部にゴムを3~6重量部、熱可塑性樹脂を4~6重量部添加したものである。

表-11の比較値のストレートアスファルト80~100と比べると、軟化点、タフネス、テナシティー、60℃粘度において、I型とII型はともに大きく改良されていることがわかる。

I型はタフネス・テナシティー値および伸度の高い点の特徴であり、II型は高軟化点のバインダーである。

なお、I型のほうがII型に比べて高温粘度が低いので施工性は良好であるが、施工機械によってはII型も十分施工可能である。

② 骨材粒度およびバインダー量

改質アスファルト混合物の基準とする骨材粒度は、粗骨材、細骨材、フィラーを配合したとき、

表-12に示す範囲を満足するものでなければならない。

表-12 改質アスファルト混合物の骨材粒度

ふるい目 (mm)	ふるい通過重量百分率 (%)
20	100
13	95~100
5	55~75
2.5	35~50
0.6	18~30
0.3	10~21
0.15	6~16
0.074	4~8

バインダー (改質アスファルト) の量は5~7%を標準とする。

在来のアスファルト混合物の改良にあたって、細粒度アスコンは耐わだち掘れ性に劣ること、粗粒度アスコンは路面が粗に過ぎることにより、「アスファルト舗装要綱 (昭和53年版)」の③密粒度アスファルトコンクリート (以下アスファルトコンクリートをアスコンと略) と④密粒度ギャップアスコンとを比較したが特に相違は認められなかったので、標準的な骨材粒度である「アスファルト舗装要綱」の②密粒度アスコンと同様の骨材粒度とした。

バインダーについては、アスファルトの添加剤による改質の検討実験で推奨された改質アスファルトを用いることとして、在来の密粒度アスコンの耐わだち掘れ性と耐たわみ性を高めた。使用するバインダー量については、「アスファルト舗装要綱 (昭和53年版)」の標準値をそのまま標準として採用した。

③ 試験基準値

改質アスファルト混合物は、表-13に示す基準値に合格するものでなければならない。

表-13 改質アスファルト混合物の基準値

項	目	基準値
マーシャル試験	空隙率 (%)	3~5
	飽和度 (%)	75~85
	安定度 (kg)	1,000以上
	フロー (1/10mm)	20~40
	水浸残留安定度 (%)	80以上
ホイールトラッキング試験動的安定度 (60℃, 6.4 kg/cm ²) (回/mm)		850以上
曲げ試験破断ひずみ (-10℃, 50mm/min)		6.0×10^{-3} 以上

マーシャル試験の基準値は、「アスファルト要綱 (昭和50年版)」の密粒度アスコンの基準を準用することとしたが、空隙率、飽和度の範囲をそれぞれ密な方に狭めるとともに、安定度はその500 kg以上を1,000 kg以上に、水浸残留安定度はその75%以上を80%以上に、それぞれの検討実験の結果を考慮して規定した。

動的安定度については、重交通に対する表層混合物の変形率 5×10^{-2} mm/min 以下とする経験を経験を動的安定度で表し、検討実験の結果を考慮して規定した。ただし、耐流動対策として動的安定度は1,500回/mm以上を目標にすることが望ましい。

曲げ破断ひずみについては、現在のところ規定の根拠となるものが得られていないので、検討実験の結果の約70%の値をもって規定とした。

マーシャル試験の供試体は、混合指定温度で混合し、その温度より10℃低い温度を締固め温度として上下面各50回の突固めで締め固めたものである。

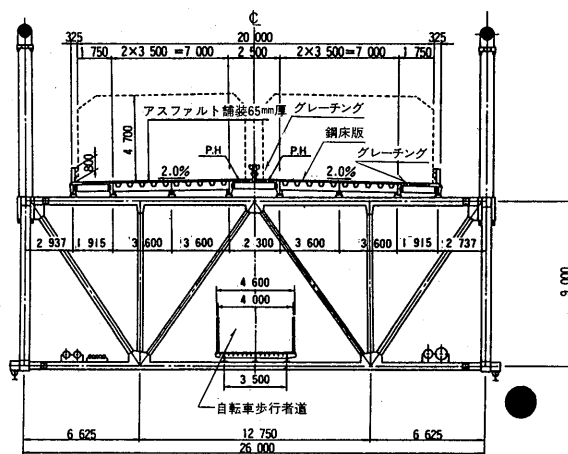
ホイールトラッキング試験の供試体は、マーシャル試験用供試体と同一密度になるよう締め固めたものである。

6. 因島大橋橋面舗装工事

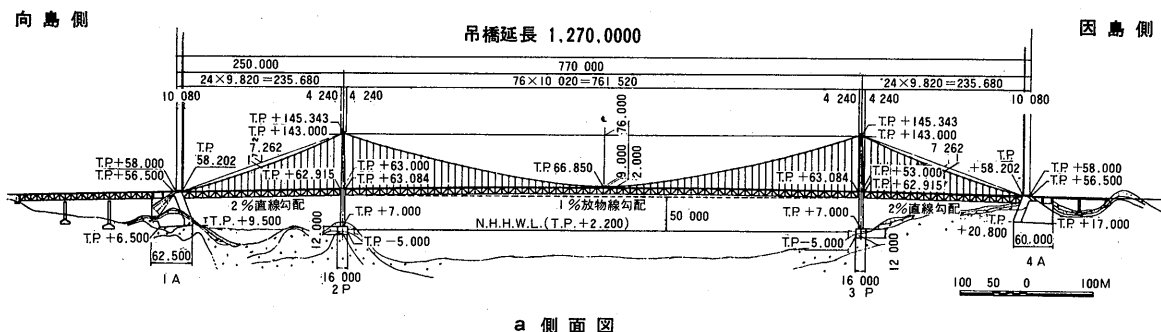
因島大橋は本州四国連絡橋の尾道〜今治ルートに属しており、向島と因島を結ぶ中央径間770 mの吊橋である構造規格は第1種第3級、設計速度80km/h、4車線の自動車専用道路であり、別に吊橋の補剛桁の中に自転車歩行車道を設けている。(図-4参照)

この橋がまたぐ海峡は布刈瀬戸と呼ばれ、一般には、来島海峡の主航路に対し、副航路として使われており、水際線間の距離約770 m、最大水深約50m、潮流はその中心部で5ノット程度である。航行船舶のための桁下空間は、9,000 ton 級貨物線の航行可能な50mを確保している。

当地域は瀬戸内に属している関係で気象条件にはめぐ



b 横断面図 S=1:300



a 側面図

図-4 因島大橋一般図

まれているが、上部工設計の基本風速としては37m/secを考慮している。この風速を用いて設計風速を算出すると、例えば吊構造部で約55m/secに相当することになり、かなり大きな風速を考慮していることになる。ちなみに昭和43年から4年間の福山測候所の記録によると最大風速は31.8 m/secとなっている。

6-1 工事概要

- (1) 工事名 因島大橋橋面舗装工事
- (2) 路線名 一般国道 317 号
- (3) 工事箇所 自) 広島県御調郡向島町立花
至) 広島県因島市大浜町
- (4) 工事延長 車道 約 1,250 m
自転車歩行者道 約 1,440 m
- (5) 工事巾員 車道 約 7.4 m × 上下線
自転車歩行者道 4 m
- (6) 工期 自) 昭和58年 3 月 25 日 (200 日間)
至) 昭和58年10月10日
- (7) 舗装構成 標準舗装構成図を図-5に示す。
- (8) 施工内容 施工手順と使用機械を図-6に示す。

6-2 研掃工

本橋の鋼床版表面は、原板にショッププライマーを塗った後は切断、組立、溶接と製作の工程を経て現地で架設されるまでの間、適宜、有機ジンクリッチプライマーで補修されている。しかしこの塗膜は完全なものではなく、鋼床版と舗装の間の接着に悪影響を及ぼすと判断され、全面ブラストを行った。⁸⁾ (写真-1)

ブラストは自動バキュームブラスト機(ショットブラスタ)とエアブラスト機により1種ケレンを行った。

研掃面積が約18,000㎡、1日平均860㎡、最大で日約1,100㎡の研掃を行うことができ、研掃に要した日数は21日であった。

研掃工の終了した鋼床版面には直ちに接着層を塗布した。接着材は本四基準に適合する瀝青ゴム系接着材を用いた。(写真-2)

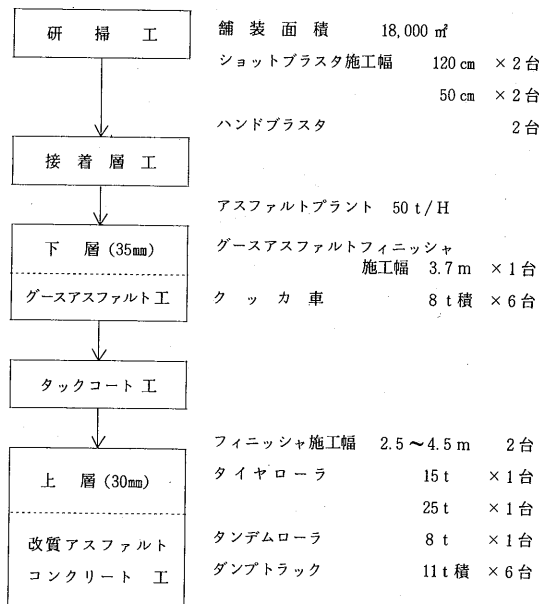


図-6 施工手順と使用機械

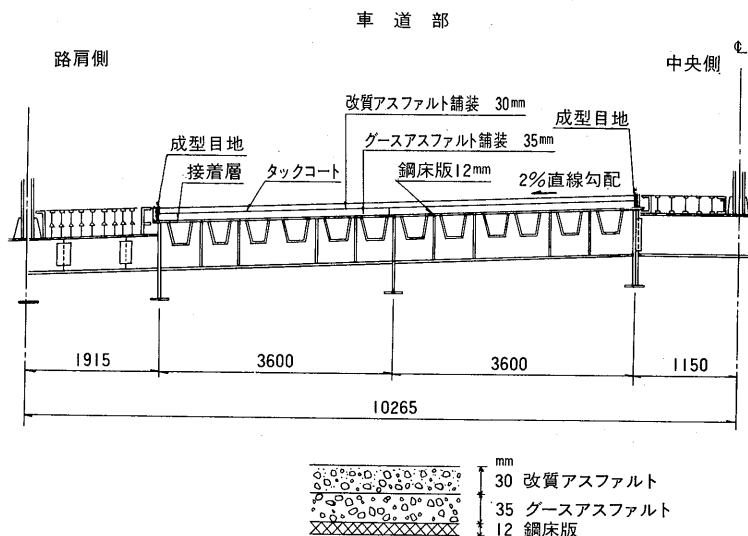


図-5 標準舗装構成図

鋼床版関係諸元

形式 5 径間連続鋼床版桁

9,720 + 3 × 10,020 + 9,720 = 49,500 mm

デッキプレート厚 12 mm

縦リブ(Uトラフ)間隔 300 mm

縦桁と縦リブ間隔 150 mm

横リブ間隔 2,004 mm

縦桁間隔 3,600 mm

継手形式 全溶接



写真-1 バキュームブラスト機による研掃



写真-2 接着層の塗布

6-3 グースアスファルト工

グースアスファルトはプラントで所定の配合で混合された。この際、石粉加熱装置、及びトリニグッドレイクアスファルトを溶融するためのTLAブレンダーを使用した。混合目標温度は210℃とした。プラントで練り落した混合物はクッカーに積載し、現場に運搬した。グースアスファルトのクッキング時間はプラントと現場の時

間を合せて30分以上とし、混合物の配出目標温度は240℃とした。

グースアスファルトの舗設面積は約18,000㎡(1,500t)であり、1日平均約1,100㎡(94ton)、最大で日約1,600㎡(140ton)の舗設ができ、舗設に要した日数は16日間であった。(写真-3,4)

グースアスファルトの管理試験の結果を表-14に示す。

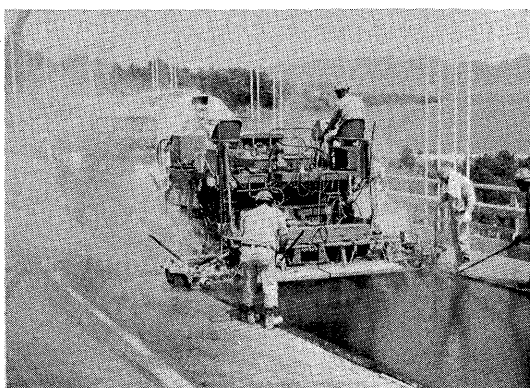


写真-3 下層グースアスファルトの舗設

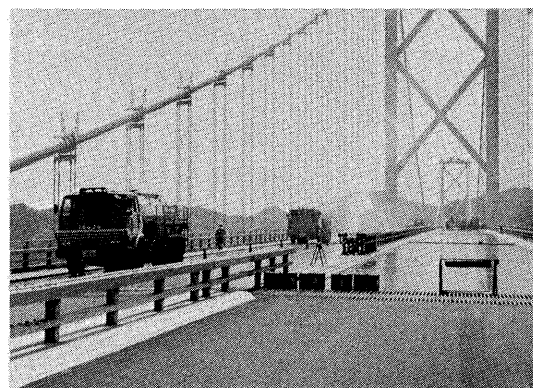


写真-4 橋面上で待機するクッカー車

表-14 グースアスファルトの管理試験結果

項	目	個数 n	平均値 $\bar{X}$	分散 σ^2	最大値 X_{max}	最小値 X_{min}	備 考
流動性試験, リュエル流動性 (240℃)	(sec)	201	15	2.3	19	8	20以下
貫入量試験, 貫入量 (40℃, 52.5 kg/5cm, 30分)	(mm)	29	1.56	0.26	2.2	1.2	1~4
ホイールトラッキング試験, 動的安定度 (60℃, 6.4 kg/cm)	(回/mm)	58	410	29.2	470	360	300以上
曲げ試験, 破断ひずみ (-10℃, 50mm/min), ($\times 10^{-3}$)		87	9.8	0.72	11.2	8.4	8.0×10^{-3} 以上
抽出アスファルト量		87	8.20	0.13	8.47	7.92	
加熱骨材粒度 (%)	5 mm	29	75.9	0.42	76.7	75.4	65~85
	2.5	29	48.9	0.42	49.5	48.3	45~62
	0.6	29	44.8	0.33	45.2	44.2	35~50
	0.3	29	38.0	0.44	38.4	36.2	28~42
	0.15	29	26.1	0.29	26.3	25.5	25~34
	0.074	29	21.5	0.07	21.6	21.3	20~27

6-4 改質アスコン

改質アスコンは粘度が高いためにプラントでの練り混ぜ能力が一般のアスコンに比べて若干劣るが、施工工程は基本的に一般のアスコンと同じである。舗設は夏場に行われたので混合物の温度低下による締固めの不足等の問題はなかった。

改質アスコンの舗設面積は約 18,000 m² (約 1,300ton) であり、1日当り平均 4,500 m² (約 300 ton)、日最大約 4,800 m² (330 ton) の舗設ができ、舗設に要した日数は4日間であった。

管理試験結果を表-15に示す。表層として使用する改質アスコンは耐流動性を高めるために、動的安定度の基準値目標を1,000回/mm以上としたが、これを大きく上まわる、2,000回/mm近くの値が満足されているようである。

以上の様に本工事はいずれの基準値も満足され、良好な施工結果を示している。今後の本舗装の供用性に注目したい。

7. あとがき

本州四国連絡橋の鋼床版橋面舗装に関する調査研究は昭和48年度より昭和51年度にわたり、(社)日本道路協会に設置された本州四国連絡橋舗装基準調査特別委員会(委員長 長尾満氏)により行われ、その成果として、橋面舗装を設計・施工するための技術指針である本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)が定められた。その後、(財)海洋架橋調査会に設置された本州四国連絡橋橋面舗装委員会(委員長 多田宏行氏)において、本基準をもとにして舗装構成の選定等をはじめとする鋼床版橋面舗装の諸問題について審議、検討されてきた。本報告はこれらの委員会の報告書を主にもとにしてまとめたものである。調査、試験の中で舗装のバインダー等に関する開発、試験、評価等については建設省土木研究所舗装研究室によって行われ、また、防水層や鋼床版表面の塗装などの鋼床版面の防錆と舗装の問題については同化学研究室が中心となって行われた。ここに委員会および関係者の方々にこの誌面をお借りして感謝の意を表する次第であります。

表-15 改質アスファルト混合物の管理試験結果

項 目		個数 n	平均値 $\bar{X}$	分散 σ	最大値 X _{max}	最小値 X _{min}	備 考
プ ラ シ ン グ ト ル	安 定 度 (kg)	7	1251	12.6	1270	1240	1,000以上
	フ ロ ー 値 (1/10mm)	7	35.9	0.93	37	35	20~40
	密 度	7	2.361	0.002	2.364	2.358	
	空 ゲ キ 率 (%)	7	3.7	0.08	3.8	3.6	3~5
	飽 和 度 (%)	7	78.6	0.39	79.2	78.2	75~85
ホイールトラッキング試験動的安定度 (60°C, 6.4 kg/cm ²)		7	2,505	300	3,240	2,040	850以上 (1,000以上目標)
曲げ試験破断ひずみ (-10°C, 50mm/min)		7	8.1	0.24	8.2	7.8	6.0×10 ⁻³ 以上
抽 出 ア ス フ ェ ル ト 量 (%)		21	5.86	0.081	5.96	5.71	
加 熱 骨 材 粒 度 (%)	5 mm	7	66.9	0.25	67.2	66.8	55~75
	2.5	7	40.2	0.47	40.8	39.2	35~50
	0.6	7	24.8	0.28	25.4	24.4	18~30
	0.3	7	14.2	0.25	14.2	14.0	10~21
	0.15	7	8.9	0.28	9.3	9.0	6~16
	0.074	7	6.3	0.08	6.3	6.2	4~8
B. P. N.		52	70.3	3.2	76	63	

参考文献

- 1) 本州四国連絡橋公団：鋼床版設計要領(案)(昭和53. 3)
- 2) 帆足, 福井, 旭：本州四国連絡橋鋼床版設計要領について、橋梁と基礎, pp. 21~28(昭55. 2)
- 3) 村上, 新田：鋼床版舗装, 本四技報, pp. 22~29, Vol. 6 No. 22(昭57. 10)
- 4) (社)日本道路協会：本州四国連絡橋公団委託(昭和48~51年度)本州四国連絡橋橋舗装基準調査報告書 総集編(昭和52年3月) 第4章 設計条件
- 5) 同上 第5章 材料
- 6) 同上 第9章 本州四国連絡橋 橋面舗装基準(案)の作成
- 7) 本州四国連絡橋公団：橋面舗装基準(案)(昭58. 4)
- 8) (財)海洋架橋調査会：昭和57年度本州四国連絡橋公団委託 本州四国連絡橋の橋面舗装に関する調査研究報告書(昭58. 3)

首都高速道路におけるわだち掘れの研究

中 島 拓*

1. まえがき

首都高速道路は昭和37年12月に1号線の一部、中央区
室町～港区海岸通りの約4.5 kmを供用して以来、すでに

21年余りとなるが、今年の2月における羽横線、横浜公
園～新山下間の供用により総供用延長は約161 kmに達し
交通量も1日平均70万台を超える状態となっている。

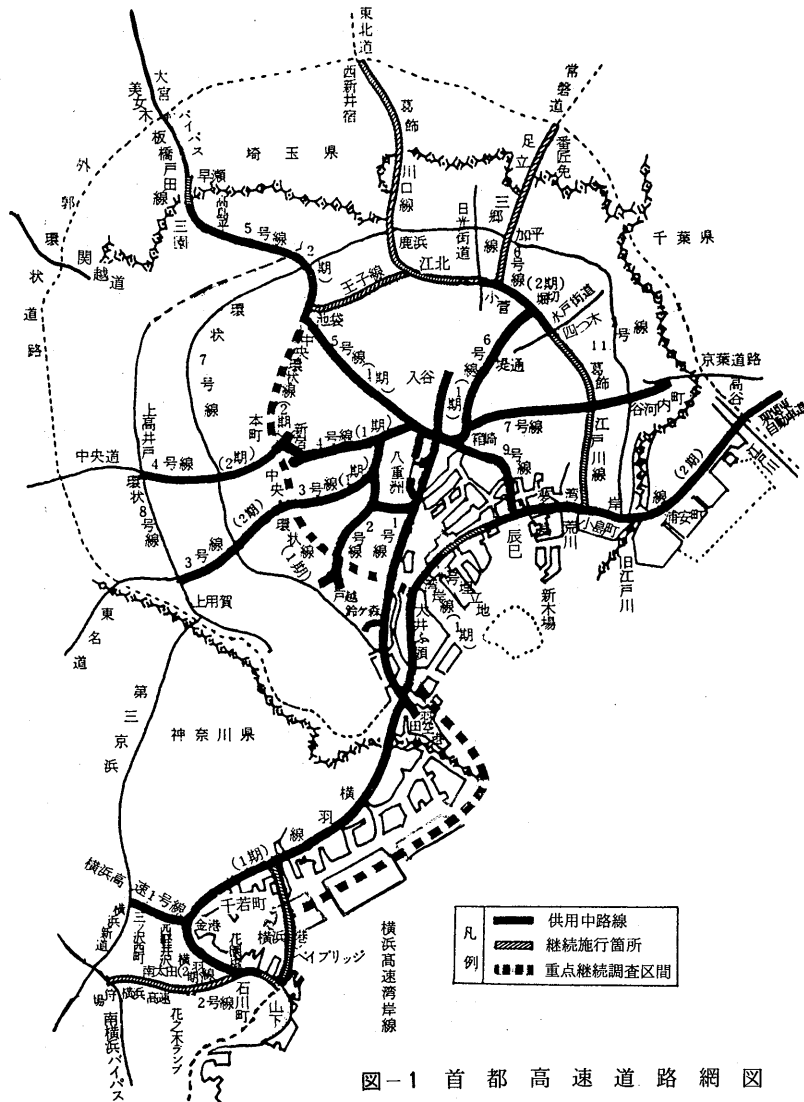


図-1 首都高速道路網図

* なかじま ひらく 首都高速道路公団設計技術課々長補佐

首都高速道路は、建設当初より用地費を軽減し、かつ早急な建設をはかる目的から道路や河川等の公共用地を利用した。この結果、用地の空間的利用が必須となり、一般街路や都市間高速道路と異なる高架構造あるいは多層構造が主となった。このような事から、首都高速道路の舗装はその殆んどを橋面舗装が占めている。

表-1 構造別延長

(昭和59年2月現在)

構造	隧道部	半地下擁壁部	平面土工部	高架橋梁部	計
供用延長	8.3 km	10.0km	9.4 km	133.1km	160.8km
割合(%)	5.2 %	6.2 %	5.8 %	82.8%	100%

首都高速道路では昭和47年度より現在のような舗装取換機による打換え補修を開始しているが、昭和55年2月末時点における原因別打換え補修面積を示すと表-2のようになる。

この表より、全補修面積の実に90%近くがわだち掘れを原因とする打換え工事となっている。

首都高速道路公団では昭和52年より、トータルコストを考慮した舗装の設計基準を作成すべく、種々の検討を行っている。本稿はこれまでの検討のうち、わだち掘れに関する研究についての概要を紹介するものである。参考として舗装基準作成までの流れ図を図-2に示す。

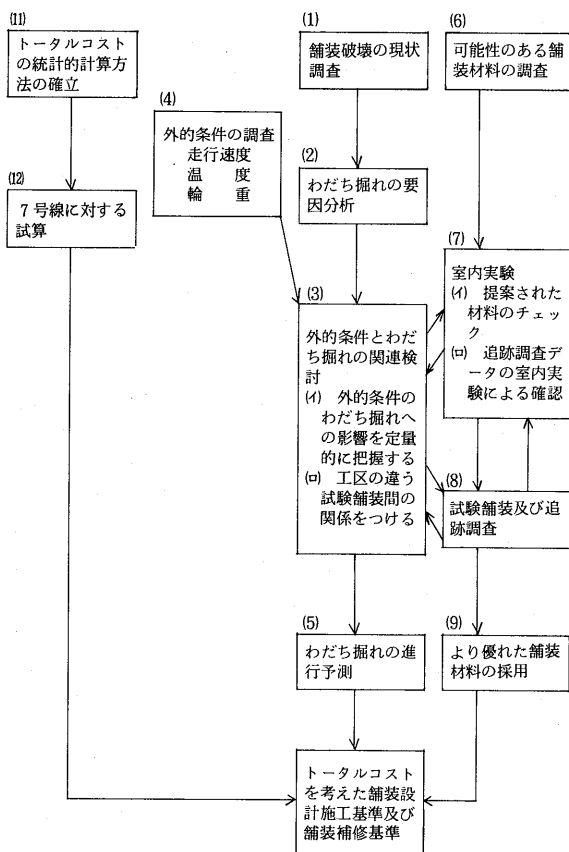


図-2 首都高速道路橋面舗装の研究の流れ

表-2 原因別打換舗装面積

(昭和55年2月29日現在)

地区	路線名	構造別舗装面積				構造別打換原因			
		コンクリート	鋼床版	土工部	計	コンクリート	鋼床版	土工部	計
東京	高速1号線	177,804	870	136,598	315,272	1,124	0	0	1,124
						117,530	1,484	75,568	194,582
	" 2 "	120,189	0	13,863	134,052	3,849	0	0	3,849
						17,336	0	0	17,336
	" 3 "	209,991	3,587	23,978	237,556	21,581	579	5,031	27,191
						46,569	1,775	25,422	73,766
	" 4 "	242,837	2,270	44,734	289,841	20,765	0	6,376	27,141
						16,923	601	25,372	42,896
	" 5 "	250,974	4,342	4,734	260,050	0	0	0	0
						23,339	0	3,110	26,449
管	" 6 "	141,167	9,732	5,716	156,615	0	0	0	0
						33,217	14,048	888	48,153
	" 7 "	178,467	4,496	0	182,963	0	0	0	0
						77,306	3,638	0	80,944
	" 8 "	6,636	0	0	6,636	0	0	0	0
						0	0	0	0
	" 9 "	103,918	9,125	3,660	116,703	0	0	0	0
						0	0	0	0
	湾岸線	213,606	2,868	76,740	293,214	0	0	0	0
						0	0	0	0
内	小計	1,645,589	37,290	310,023	1,992,902	47,319	579	11,407	59,305
						332,220	21,546	130,360	484,126
									10.9%
									89.1%

2. 試験舗装

首都公団ではこれまで3カ所に試験舗装を実施し、うち2カ所については現在も年2回定期的な測定を行っている。4号線高井戸地区においては昭和48年6月～58年3月までの10年間にわたって測定が行われた。又7号線錦糸町地区は昭和49年10月から開始した第1期、54年3月からの第2期、57年3月からの第3期より成立っており、現在も測定を継続している。さらに9号線辰巳地区においても55年10月より測定が開始され、今なお継続中である。上記試験舗装のうち7号線の例を図-3に示す。

3. わだち掘れの要因分析

わだち掘れの一つのモデルとして、比較的データが整っていると思われる7号線に注目し、わだち掘れに影響する要因として考えられる交通条件、環境条件、構造条件、施工条件等の外的条件について多変量解析を行い、補修回数との関係を検討した。対象区間は7号線両国インタ～江戸川区一之江ランプ間の約8kmである。外的条

件と補修回数の関係を表-3に、解析結果を表-4に示す。なお解析にあたっては次のような条件により行っている。

- 各アイテム間の相関性を調べた結果、渋滞時間と交通量の相関性が高いため、交通量は削除する。
- ランプ部のデータは削除する。
- 鋼床版は2カ所と余りにも少いので削除する。
- 縦断勾配について縦断曲線部は0とする。
- 横断勾配について両端で異なる場合はその平均値とする。
- 各区間とも走行車線、追越車線を含めてその平均値で分類する。
- 施工条件は請負工区単位とする。

又、7号線の舗装破壊には関係ないと思われる要因として、各区間にそれぞれ最っとも近い上流側のランプよりの距離を考え、これを含めて解析することにより解析結果の妥当性を判断する一つの資料とした。解析結果より補修回数に与える渋滞の影響がいかに大きいかがわかる。

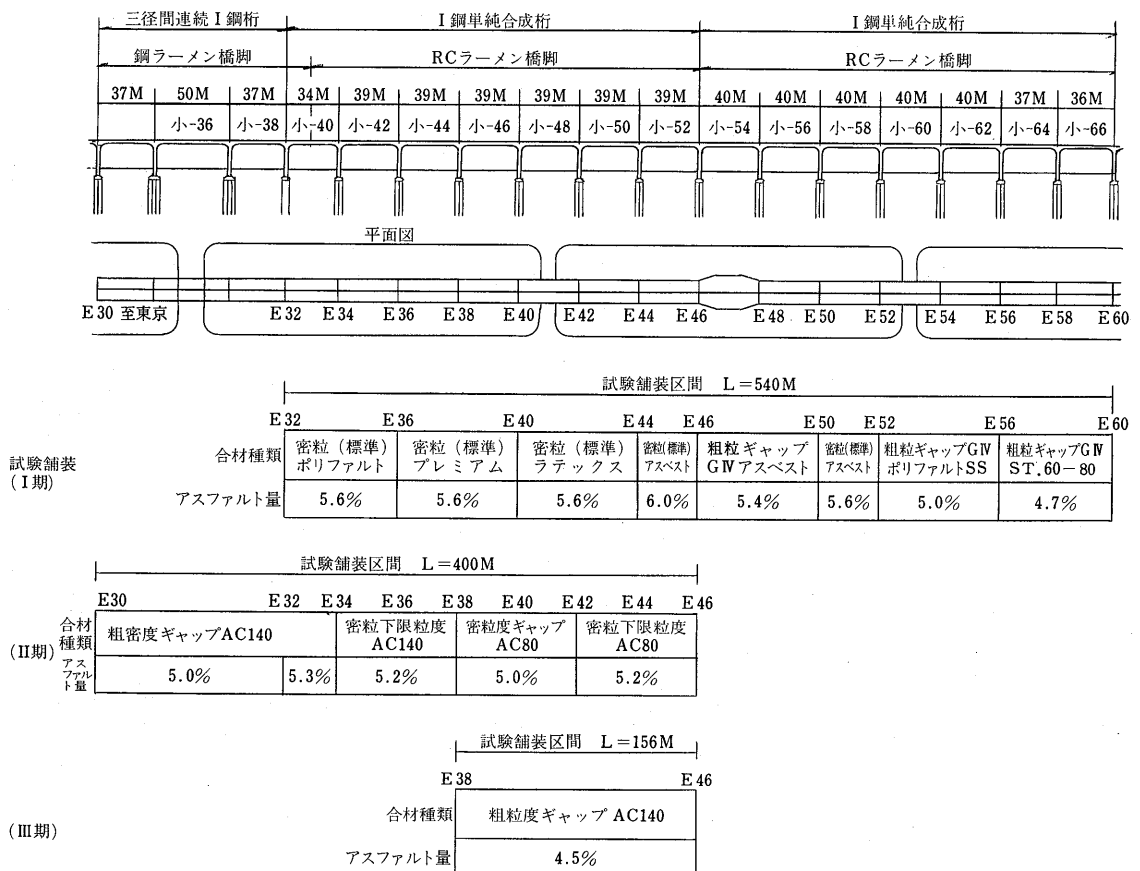


図-3 7号線試験舗装概要図

表-3 要因分析のデータ

項 目 (アイテム)	カ テ ゴ リ ー	デ-ータ数	補 修 回 数		
			0	1	2
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	交通量は渋滞と相関があるの で削除、軸重等はほぼ一定で あると考え削除			
	・渋滞時における車両の走行状 態 (X ₂)	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 ~)	221 122 23	134 1 7	2 43 15
線形条件	・縦断勾配 (X ₃)	3 カテゴリー ~ - 0.3 % (- 0.3 % ~ 0.3 %) 0.3 % ~	109 152 105	57 63 16	36 56 78
	・横断勾配	曲率半径に従属するので削除			
	・曲率半径 (X ₄)	3 カテゴリー (直線 540 m ~ 540 m 以下)	308 32 26	1119 6 11	134 24 12
	・舗装巾員 (拡中部含む) ・車線数 ・路肩巾員	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)	2 カテゴリー (鋼箱桁 鋼 I 桁)	20 346	5 131	13 157
	・ジョイント間隔 (X ₆)	2 カテゴリー 単純桁 連続桁	348 18	133 3	158 12
床版条件	・残留キャンパ、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	全線に渡り一定なので削除 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	全線に渡りほぼ一定であるので 削除			
	・施工方法 ・舗設温度 (X ₇)	4 カテゴリー (A 工区 B " " C " " D " "	104 106 80 76	28 50 19 39	68 28 39 35
ランプからの距離 (X ₈)			531752.47	163946.06	262514.71
				105291.70	

表-4 要因分析結果

ア イ テ ム	相 関 係 数
渋 滞 時 間 (X ₂)	0.704
施 工 工 区 (X ₇)	0.262
曲 率 半 径 (X ₄)	0.120
距 離 (X ₈)	0.119
縦 断 勾 配 (X ₃)	0.095
ジョイント間隔 (X ₆)	0.076
桁 種 別 (X ₅)	0.008

4. わだち掘れに対する予測式の試み

首都公団では昭和52年よりわだち掘れの定量化を試みており、現在なお検討中であるが、その手法の一例を紹介する。この試みは、わだち掘れに大きな要因となる温度、走行速度、軸重の3要素に対してホイールトラッキング試験（接地圧 5.5 kg/cm², 60°C, 42パス/分）（以下標準HT試験という）により重みづけを行い、これらの重みづけを用いて交通量を換算することによりわだち掘れを算定しようとするものである。

$$\sigma = \frac{\Sigma (a \times b \times c \times W \times R)}{DS}$$

σ : わだち量 (mm)

a : 温度によるウェイト

b : 速度によるウェイト

c : 軸重によるウェイト

W : 交通量 (台)

R : 一台当りの軸数 (軸), $R = 2$

DS : 舗装体の補正輪数に対する動的安定度 (輪/mm)

上式の分子は、温度、速度、軸重が様々な条件のもとで走行した交通台数 (通過軸数) を、温度 60°C 、速度 42 パス/分 ($v = 0.756 \text{ km/hr}$)、接地圧 5.5 kg/cm^2 (5 ton 輪荷重) の条件下で走行したものとして換算しなおした台数と考えられる。従って上記条件のもとに行った標準 HT 試験の動的安定度 DS は、わだち掘れを 1 mm 生じさせるのに要する通過回数であるから、 σ はわだち量ということになる。以下に各ウェイトの算出方法と、7号線試験舗装区間を対象とした解析について述べる。

○温度ウェイト

文献(1)に示されるデータを用いて、標準 HT 試験におけるわだち量を1とした場合の各温度別のウェイトは図-4のようになる。

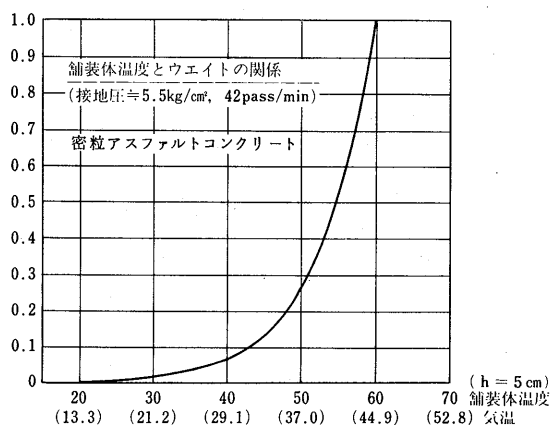


図-4 温度とウェイト

図の横軸には舗装体温度とこれに対応する気温が記されているが、その関係は文献(2)に示される路面下 5 cm の日最高大気温度～日最高舗装温度、と日最低大気温度～日最低舗装温度の2つの回帰式の平均値を取り、

$$y = 1.27x + 3.22 \quad y : \text{舗装体温度 } (^{\circ}\text{C})$$

$$x : \text{大気温度}$$

により換算したものである。次に1日の気温変化パターンを図-5のように定め、気温区分を3段階に分けて各々の代表値に対する温度ウェイトを算出した。その結果が表-5である。

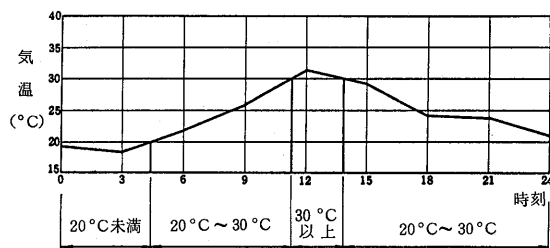


図-5 1日の気温パターン

表-5 気温によるウェイト

気温区分	代表値	ウェイト
20°C未満	10°C	0.002
20°C以上 30°C未満	25°C	0.031
30°C以上	32.5°C	0.116

○速度ウェイト

文献(3)に示されるデータのうち、トラバース2回における直線式 ($\log DS = -0.4720 \log t + 3.624$) を用い、データに示されていない载荷時間の範囲については直線式を延長することにより標準 HT 試験におけるわだち量を1とした場合の各载荷時間のウェイトを計算する。結果が表-6と図-6である。

表-6 速度によるウェイト

速度範囲 (km/H)	0～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	80以上	WT試験42回/分
代表値 (km/H)	5	15	25	35	45	55	65	75	85	
载荷時間 (秒)	0.245	0.082	0.049	0.035	0.027	0.022	0.019	0.016	0.014	0.077
回帰式からの DS	8171	13698	17467	20474	23141	25490	27316	29624	31552	14112
ウェイト	1.727	1.028	0.808	0.689	0.612	0.557	0.514	0.476	0.447	1

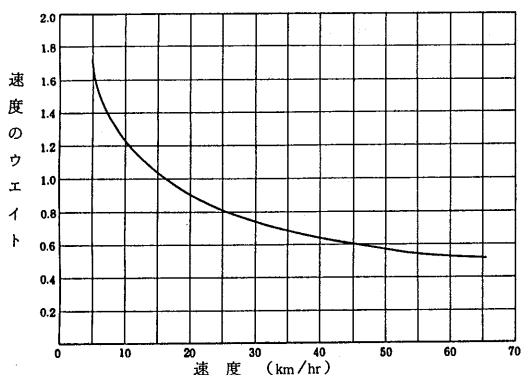


図-6 速度とウエイトの関係

首都高速で昭和55年に実施した走行速度調査データによれば、50km/hr以下の低速度交通量の加積曲線は図-7のようになっており、ほぼ直線と見なすことができる。従って30km/hr以下の低速度における代表値の速度分布を図-8のように定め、図-6を用いて各区分に対するウエイト面積を求め、これを速度範囲で除することにより各代表値のウエイトとする。結果を表-7に示す。

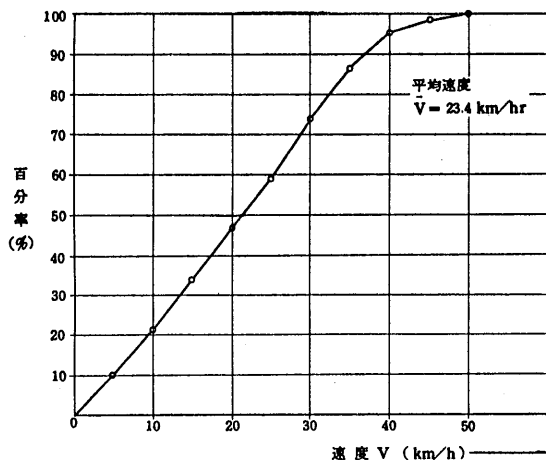


図-7 低速度交通量の加積曲線

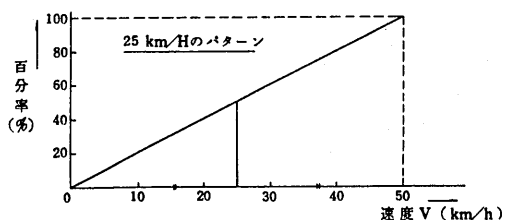
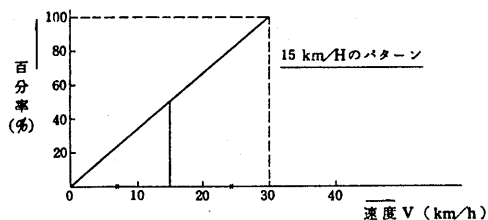
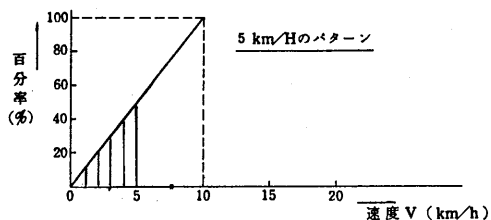


図-8 低速域の走行速度パターン

○輪重ウエイト

文献(3)の接地圧～動的安定度曲線を用い、この回帰式 ($\log DS = -0.197p + 3.593$)より標準H T試験の場合を1とした場合の各輪荷重に対するウエイトを求めた。ただし輪重と接地圧との関係は竹下の式により換算している。結果を表-8、図-9に示す。

表-8 輪荷重によるウエイト

輪荷重(t) P	接地圧(kg/cm ²) $p = \frac{1000P}{\pi(12+P)^2}$	DS (Pass/mm)	ウエイト
0.4	0.83	2688	0.120
0.7	1.38	2095	0.154
2.0	3.25	897	0.359
2.9	4.16	594	0.543
4.0	4.97	411	0.787
5.0	5.51	322	1.000
6.0	5.89	271	1.193

表-7 速度によるウエイト

速度範囲 (km/H)	0 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 60	60 ~ 70	70 ~ 80	80 以上	WT試験42回/分
代表値 (km/H)	5	15	25	35	45	55	65	75	85	
ウエイト	2.154	1.314	1.048	0.689	0.612	0.557	0.514	0.476	0.447	1

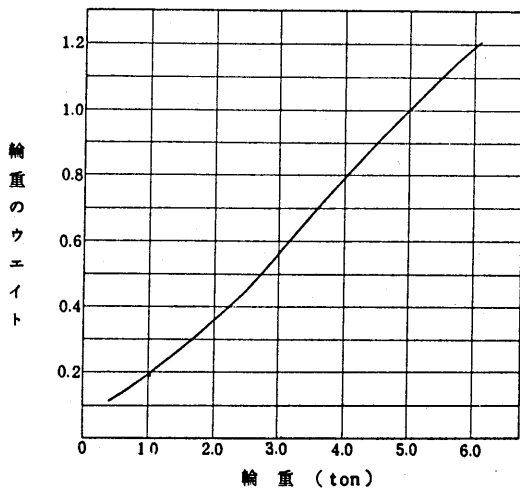


図-9 輪重とウェイトの関係

○交通量データ

交通量データとしては錦糸町料金所（上り2車線分）で測定した通過台数の解析対象期間（昭和50年10月～昭和51年10月）における記録を使用し、さらに解析対象が走行車線のみで追越車線は含まないため、この記録を2で除したものを走行車線交通量とした。その集計は後述の解析結果の項を参照されたい。

○温度データ

気温に関する資料として、解析対象期間における東京管区気象台の地上観測日原簿を用い、各月を上・中・下旬に区分した。集計表を表-9に示す。

○速度データ

速度データとしては解析対象区間内にあるトラフィックカウンターの交通量Q～速度Vデータのうち、昭和54

表-9 月別気温集計表

年 月		20℃ 未満		20℃ ～30℃		30℃以上		年 月		20℃ 未満		20℃ ～30℃		30℃以上	
50・10	上旬	0～ 7, 20～24	11	7～20	13		0	51・ 5	上旬	0～13, 15～24	22	13～15	2		0
	中旬	0～13, 15～24	22	13～15	2		0		中旬	0～10, 17～24	17	10～17	7		0
	下旬	0～13, 15～24	22	13～15	2		0		下旬	0～ 7, 18～24	13	7～18	11		0
11	上旬	0～13, 14～24	23	13～14	1		0	6	上旬	0 0～4	4	4～24	20		0
	中旬	0～13, 14～24	23	13～14	1		0		中旬	0～ 8, 21～24	11	8～21	13		0
	下旬	0～24	24		0		0		下旬	0～7	7	7～24	17		0
12	上旬	0～24	24		0		0	7	上旬	0～ 6, 20～24	10	6～20	14		0
	中旬	0～24	24		0		0		中旬	2～5	3	^{1～ 2} 5～13, 14～24	20	13～14	1
	下旬	0～24	24		0		0		下旬		0	0～11, 16～24	19	11～16	5
51・ 1	上旬	0～24	24		0		0	8	上旬		0	0～12, 15～24	21	12～15	3
	中旬	0～24	24		0		0		中旬		0	0～13, 15～24	23	13～15	2
	下旬	0～24	24		0		0		下旬	2～5	3	^{0～ 2} 5～12, 16～24	17	12～16	4
2	上旬	0～24	24		0		0	9	上旬	4～5	1	^{0～ 4} 5～13, 14～24	22	13～14	1
	中旬	0～24	24		0		0		中旬	3～5	2	0～ 3, 5～24	22		0
	下旬	0～24	24		0		0		下旬	0～ 9, 18～24	15	9～18	9		0
3	上旬	0～24	24		0		0	10	上旬	0～ 9, 19～24	14	9～19	10		0
	中旬	0～24	24		0		0		中旬	0～12, 16～24	20	12～16	4		0
	下旬	0～24	24		0		0		下旬	0～11, 16～24	19	11～16	5		0
4	上旬	0～24	24		0		0	発生時刻 継続時間							
	中旬	0～13, 14～24	23	13～14	1		0								
	下旬	0～12, 15～24	21	12～15	3		0								

年度における値を用いた。表-10にその1例として1月のQ=V分布表を示す。

○軸重データ

首都高速4号線永福料金所で測定した輪重データを基に、これを「14回首都高速道路交通起終点調査報告書」の車種別構成比率により7号線用データとして補正した。補正係数、及び輪重分布を表-11、表-12に示す。

表-11 車種別構成比率の対比 (%)

車種	4号線			7号線		
	比率(全車)	実車率	比率(実車)	比率(全車)	実車率	比率(実車)
普通貨物	5.8×0.2=1.2*	76.5	0.9	12.2×0.2=2.4	76.5	1.8
大型貨物	2.1	78.0	1.7	5.7	78.0	4.4
トレーラ	0.2	74.4	0.1	0.3	74.4	0.2
バス	0.7	55.4	0.4	0.3	55.4	0.2
合計	4.2	—	3.1	8.7	—	6.6

$$\text{補正係数 } \alpha = \frac{6.6}{3.1} = 2.1$$

表-10 交通量・速度分布表 (1月)(速度別交通量分布)

(単位: %)

時刻 \ 速度 km/h	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	合計	日交通量に 対する比率
1:00	0	0	22.4	0	0	77.6	0	100	2.7
2:00	0	0	20.5	0	0	79.5	0	100	2.0
3:00	0	0	0	0	0	100.0	0	100	1.5
4:00	0	0	0	0	22.3	61.7	16.0	100	1.4
5:00	0	0	0	0	0	100.0	0	100	2.1
6:00	0	0	0	0	0	100.0	0	100	4.1
7:00	0	13.6	54.6	16.0	0	15.8	0	100	5.8
8:00	0	83.7	16.3	0	0	0	0	100	6.0
9:00	0	64.7	0	16.8	0	18.5	0	100	5.8
10:00	0	59.0	0	15.1	0	25.8	0	100	4.8
11:00	44.5	37.1	0	0	18.4	0	0	100	4.0
12:00	0	50.0	0	32.6	0	17.4	0	100	4.6
13:00	0	0	12.9	0	40.0	47.1	0	100	4.8
14:00	0	0	0	0	0	100.0	0	100	5.0
15:00	0	31.5	0	28.1	0	40.4	0	100	4.5
16:00	0	32.3	0	36.9	0	30.8	0	100	5.2
17:00	0	45.3	19.6	19.2	15.9	0	0	100	6.0
18:00	0	30.4	17.2	13.0	0	39.4	0	100	6.0
19:00	14.3	16.0	35.9	20.5	0	13.3	0	100	4.7
20:00	0	0	15.5	0	36.3	36.9	11.3	100	5.3
21:00	0	0	0	11.6	0	88.4	0	100	4.2
22:00	0	0	0	0	0	100.0	0	100	-3.5
23:00	0	0	0	0	9.4	90.6	0	100	3.1
24:00	0	0	0	0	65.4	34.6	0	100	3.0
合計	2.5	24.6	10.5	10.7	8.1	42.9	0.8	—	100

表-12 輪 重 分 布 (上…補正前・下補正後)

単位(%)

軸重 期間	1t未満	1.0~3 ^t	3.1~5 ^t	小 計	5.1~7 ^t	7.1~9 ^t	9.1~11 ^t	11.1~14 ^t	小 計	合 計
50年10月	78.1	17.8	2.6	98.5	0.7	0.4	0.3	0.1	1.5	100
	76.8	17.5	2.5	96.8	1.5	0.9	0.6	0.2	3.2	100
11月	79.2	18.3	1.5	99.0	0.5	0.2	0.2	0.1	1.0	100
	78.3	18.1	1.5	97.9	1.1	0.4	0.4	0.2	2.1	100
12月	70.6	24.8	3.0	98.4	0.9	0.4	0.2	0.1	1.6	100
	69.3	24.4	2.9	96.6	1.9	0.9	0.4	0.2	3.4	100
51年 1月	72.8	23.2	2.6	98.6	0.7	0.3	0.3	0.1	1.4	100
	71.7	22.8	2.6	97.1	1.5	0.6	0.6	0.2	2.9	100
2月	73.3	22.7	2.7	98.7	0.7	0.3	0.2	0.1	1.3	100
	72.3	22.3	2.7	97.3	1.5	0.6	0.4	0.2	2.7	100
3月	72.0	23.7	2.7	98.4	0.8	0.4	0.3	0.1	1.6	100
	70.7	23.3	2.6	96.6	1.7	0.9	0.6	0.2	3.4	100
4月	58.7	36.4	3.1	98.2	0.9	0.4	0.3	0.2	1.8	100
	57.5	35.7	3.0	96.2	1.9	0.9	0.6	0.4	3.8	100
5月	67.2	28.6	2.6	98.4	0.8	0.4	0.3	0.1	1.6	100
	66.0	28.1	2.5	96.6	1.7	0.9	0.6	0.2	3.4	100
6月	72.5	23.4	2.5	98.4	0.8	0.4	0.3	0.1	1.6	100
	71.2	23.0	2.4	96.6	1.7	0.9	0.6	0.2	3.4	100
7月	65.1	25.0	5.5	95.6	2.0	1.1	0.9	0.4	4.4	100
	61.9	23.7	5.2	90.8	4.2	2.3	1.9	0.8	9.2	100
8月	67.4	24.4	4.7	96.5	1.6	0.8	0.8	0.3	3.5	100
	64.7	23.4	4.5	92.6	3.4	1.7	1.7	0.6	7.4	100
* 9月	70.6	24.4	3.0	98.0	1.0	0.5	0.4	0.1	2.0	100
	69.0	23.9	2.9	95.8	2.1	1.1	0.8	0.2	4.2	100
10月	66.6	26.1	4.2	96.9	1.4	0.7	0.8	0.2	3.1	100
	64.3	25.2	4.0	93.5	2.9	1.5	1.7	0.4	6.5	100
平 均	70.6	24.4	3.0	98.0	1.0	0.5	0.4	0.1	2.0	100
	69.0	23.9	2.9	95.8	2.1	1.1	0.8	0.2	4.2	100

* 51年9月は、代用値として平均値を用いた。

○解析結果

7号線における解析対象期間(50/10~51/10)の13カ月に通過した全交通台数(対象区間一車線当り)は約900万台であった。この交通台数に温度、速度、輪重のウェイトを乗じ、さらに輪数に換算した換算輪数(台数×2)を試験舗装測定年月(50/9, 51/3, 51/8, 51/10)ごとに分けて集計すると表-13のようになる。

表-13の換算輪数をDSで除せばわだち量が計算できる。しかし7号試験舗装第1期で使用した混合物はHT

試験を行っていないのでDSが明らかでない。そこでDSを6,000及び20,000に仮定してわだち掘れ量を計算すると、実測された7種類の混合物のほとんどが計算値内に入った。その結果を図-10に示す。

ただし図-10においては計算対象期間(50/10~51/10)が13カ月間と短いので、53年10月までの実測わだち量まで延長して比較した。この際、計算わだち量は50/10~51/10のパターンが変化しないものと仮定している。

表-13 調 査 期 間 (50/10~51/10) の 交 通 量

年	月	旬	台 数	速度補正後	輪重補正後	温度補正後	速度・輪重・ 温度補正後
50	10	上	228,967	202,707	34,731	4,881	707 (993)
		中	223,699	198,043	33,936	1,026	136
		下	244,620	216,567	37,108	1,120	150
	11	上	225,007	193,158	32,112	752	97 (256)
		中	221,833	190,438	31,660	742	95
		下	234,861	201,616	33,520	470	64
	12	上	224,938	198,148	34,850	450	70 (220)
		中	227,227	200,163	35,208	455	70
		下	257,407	226,750	39,883	515	80
51	1	上	216,963	161,808	32,920	432	59 (181)
		中	228,195	170,184	34,620	456	64
		下	244,176	182,105	37,052	489	66
	2	上	221,678	193,533	33,262	442	66 (188)
		中	222,056	193,865	33,319	442	67
		下	203,808	177,934	30,580	408	55
	3	上	232,067	212,397	35,911	464	75 (230)
		中	230,666	211,117	35,696	461	74
		下	250,347	229,126	38,742	497	81
	4	上	228,844	226,672	37,281	460	76 (422)
		中	236,626	234,375	38,550	772	120
		下	232,272	230,057	37,844	1,410	226
	5	上	237,607	243,671	37,104	1,072	186 (1,534)
		中	233,379	239,334	36,441	2,656	512
		下	248,721	255,069	38,838	4,441	836
	6	上	229,720	201,927	35,414	6,599	926 (2,453)
		中	236,554	207,928	36,467	4,705	716
		下	223,393	196,359	34,444	5,599	811
	7	上	228,288	189,257	45,407	5,139	944 (4,452)
		中	222,967	184,846	44,347	7,417	1,242
		下	259,469	215,108	51,609	13,114	2,266
	8	上	239,551	202,523	44,509	10,228	1,614 (4,885)
		中	241,018	203,766	44,786	9,350	1,467
		下	249,241	210,716	46,316	11,421	1,804
	9	上	223,294	187,020	35,826	7,700	1,018 (2,477)
		中	228,187	191,113	36,618	6,862	937
		下	228,345	191,246	36,640	3,362	522
	10	上	231,287	204,768	41,557	3,714	643 (1,255)
		中	225,457	199,605	40,504	1,677	254
		下	251,722	222,856	45,220	2,215	358
總 合 計			9,074,452	7,997,875	1,470,838	124,415	19,554
50/10~30/9合計			8,365,986	7,370,646	1,343,557	116,809	18,299

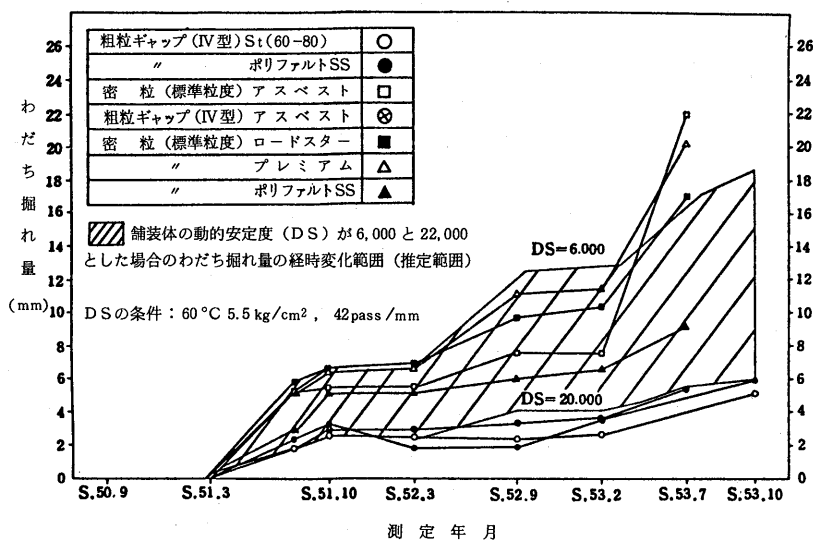


図-10 解析結果と実測値の比較

5. あとがき

首都高速道路公団におけるわだち掘れの研究について紹介したが、予測式の試みはなお継続中であり、現在さらに精度を上げるべく新たなデータの収集と解析作業を行っている。この結果についてはいずれ報告したいと考えている。又トータルコストに対する試算も行われており、これも別の機会に紹介したい。最後に、本研究を指導していただいている「高架橋等の舗装に関する調査研究」委員会（藤井治芳委員長、多田宏行顧問）の各位にお礼を申し上げます。

参考文献

- (1) アスファルトの供用性に関する研究
林 誠之「アスファルト Vol.20, No.110」(1977年)
- (2) アスファルト舗装体内温度の推定に関する研究
近藤佳宏、三浦裕二「土木学会論文集報告書 第250号」(1976年)
- (3) アスファルト舗装の Rutting に関する基礎的研究—
第一報 菅原照雄「土木学会第24回年次学術講演会 概要第IV部」(昭和44年)

原稿募集

本誌では皆様からの原稿を広く募集しております。

次の要領でご投稿ください。

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

阪神高速道路の舗装設計基準

江見 晋*・水元義久**・中島裕之***

1. 阪神高速道路の概要

阪神高速道路は大阪池田線の一部区間（3.1km：土佐堀～難波）が昭和39年6月に供用して以来、20年経過しており、現在では12路線、124.1kmが供用している。（図-1）これらは自動車専用道路として、都心部の幹線道路の連続立体交差道路としての性格をもち、周辺の広域幹線道路との連絡をなす都市内高速道路網を構成している。このため、構造面では、都市内の非常に厳しい道路空間の制約条件から格段の工夫がなされており、供用中

道路の約99%が高架道路で構成されている。残り約1kmは平面区間である。従って、舗装はそのほとんどが橋面舗装であり、これまで当公団の舗装設計基準は、橋面舗装を中心に整備されてきている。

2. 舗装設計基準の改訂経緯

舗装設計基準は、昭和44年7月に整備されて以来、昭和50年1月までに4回改訂されており、他の構造物設計基準とともに、阪神高速道路公団設計基準第3部第8編

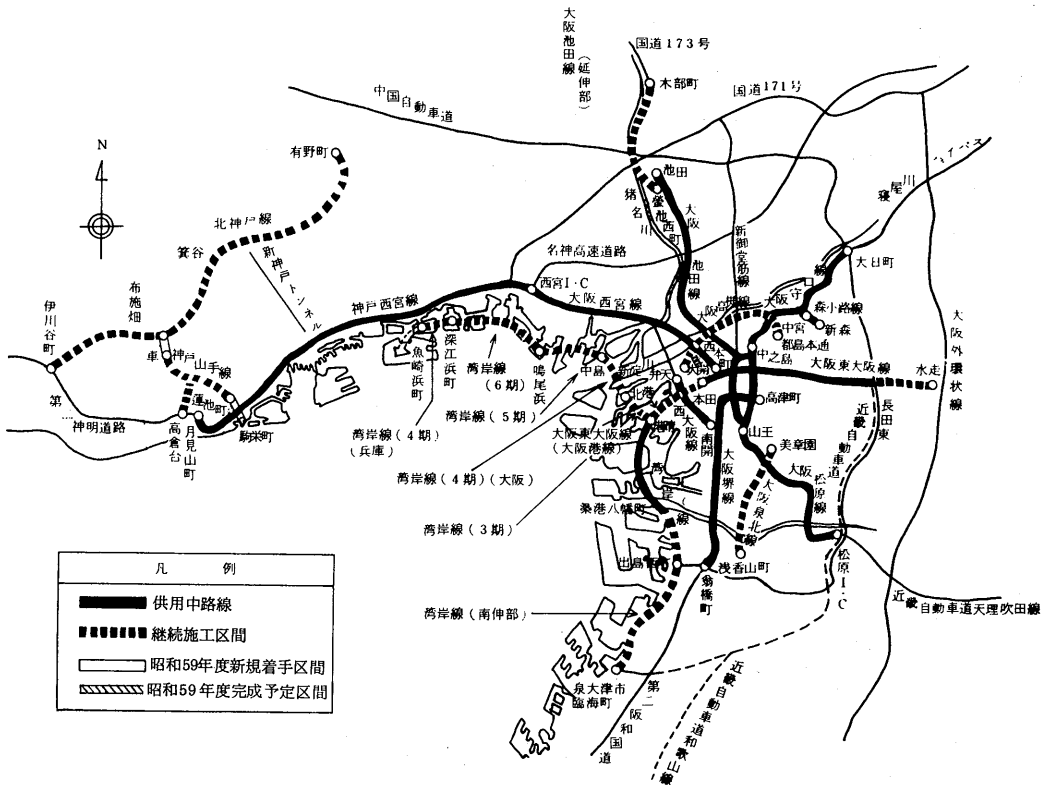
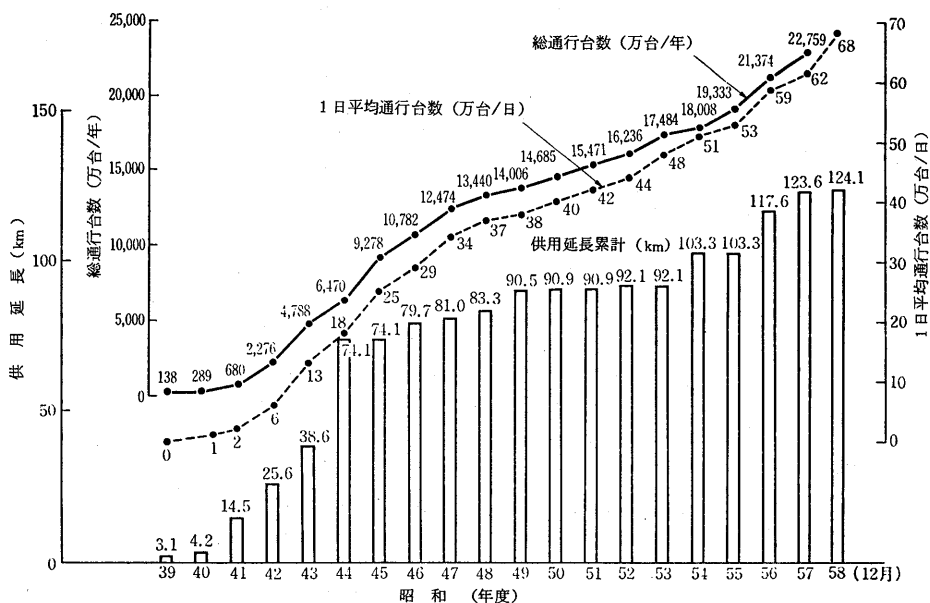


図-1 阪神高速道路網図

*えみ すすむ 阪神高速道路公団工務部設計課長 **みずもと よしひさ 阪神高速道路公団工務部調査役

***なかじま ひろゆき 阪神高速道路公団工務部工務第一課



舗装編として収録されている。この間、舗装技術の進歩は、構造設計、材料、配合設計等全般にわたってめざましいものがある。また日本道路協会によるアスファルト舗装要綱やセメントコンクリート舗装要綱等の改訂が為されている。

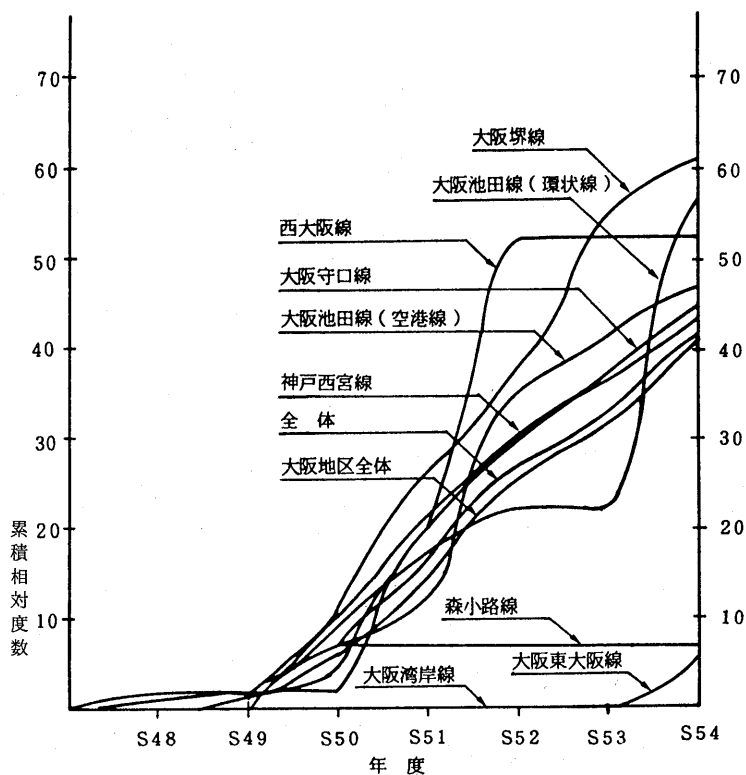


図-3 舗装補修の累積相対度数図

表-1 路面の損傷状況

(点検対象: 2,957 スパン $\times$ 4 車線 = 11,828 車線) 単位 (%)

路線名	わだち掘れ 平均	ひびわれ 平均	Aランク		Bランク		Cランク		O. K	
			RD 20 mm 以上	CR 15 % 以上	RD 20 mm未 満 10 mm以上	CR 15 %未 満 5 % 以上	RD 10 mm未 満 3 mm 以上	CR 5 %未 満 0.1 %以上	RD 3 mm 未満	CR 0 %
大阪池田線 (空港線)	11 mm	2.3 %	5.2	6.0	61.0	9.2	33.8	21.5	0	63.3
大阪池田線 (環状線)	9 mm	0.2 %	0.3	0.2	45.1	1.2	54.6	6.4	0	92.2
大阪守口線	11 mm	1.4 %	1.7	2.2	75.1	5.6	23.2	17.7	0	74.5
森小路線	12 mm	1.4 %	1.2	1.1	77.8	11.2	21.0	26.9	0	60.7
大阪東大阪線	11 mm	0.7 %	2.8	0.3	74.8	2.8	22.3	10.2	0	86.7
大阪堺線	12 mm	0.3 %	6.6	0.2	75.4	1.1	18.0	11.2	0	87.5
西大阪線	13 mm	0.9 %	7.3	0.4	83.6	6.3	9.1	20.3	0	73.0
大阪湾岸線	14 mm	0.1 %	10.8	0.0	78.4	1.7	10.8	22.2	0	76.1
神戸西宮線	10 mm	2.5 %	1.0	2.3	43.3	15.3	55.7	35.6	0	46.7
大阪地区	11 mm	1.0 %	4.0	1.8	68.2	4.4	27.8	14.8	0	79.0
神戸地区	10 mm	2.5 %	1.0	2.3	43.3	1.7	55.7	35.6	0	46.7
全 体	11 mm	1.4 %	4.2	1.9	61.0	7.5	35.8	20.8	0	69.8

昭和54年度 舗装点検結果

表-2 舗装の定期点検判定基準

点検項目	判定区分	A	B	C	O. K
最大わだち掘れ量		20 mm以上	20 未満 ~ 10 以上	10 未満 ~ 3 以上	3 未満
累計ひびわれ率		15 %以上	15 % ~ 5 %	5 % ~ 0 %	0
段差量	ジョイント部	10 mm以上	10 % ~ 5 %	5 % ~ 3 %	3 未満
	コルゲーション	20 mm以上	20 % ~ 10 %	10 % ~ 5 %	5 未満

い。さらに鋼床版上のグースアスファルトは不透水性で防水効果が大きく耐久性に秀れている反面、無空隙でアスファルトを多量に含んだ混合物であるため、夏期高温時にわだち掘れが生じやすい欠点がある。(図-4) 基層にグースアスファルトを舗装した区間だけでみると、空港線や堺線などの交通量の多い路線では、その約50%、全路線でも約20%がわだち掘れによりAランクに分類されることが判明した。これは、各路線の平均的な値(表-1)に比べ相当高い比率になっている。これらのことから、当面基層を含めた本格的な耐流動対策が必要かつ急務となってきた。

以上の内外の諸情勢から、当公団では、昭和55年5月舗装研究委員会(松野三朗委員長)を発足し、約2年間

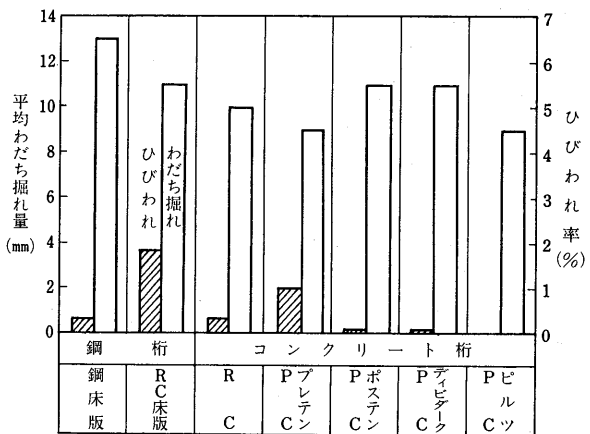


図-4 上部工形式とひびわれ・わだち掘れの相関

10回の審議を経て舗装設計基準の改訂を行った。

改訂にあたっては、主に以下の点について舗装設計基準の見直しを行った。

1. 大型車交通量が多い路線で分岐部、合流部および曲線部にかかる手前の区間等の特にわだち掘れが生じやすい区間での耐流動対策。
2. 耐流動対策として改質アスファルトの採用。
3. ホイールトラッキング試験の義務付け及び動的安定度(DS)の目標値の設定。
4. 舗装要綱との整合。

3. 舗装設計基準(橋面舗装)

現在、舗装設計は前述の委員会では検討された改訂版に基づき行なわれている。以下に改訂版の主な内容を紹介する。

3-1 橋面舗装一般

- (1) 橋面舗装には、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) すべり止め舗装は、縦横断勾配が4%以上の直線部・曲線部(ランプ部を含む)に用いる。また線形上(Sカーブ等で横断勾配が変化する場合など)や道路の効用等を考慮して必要と認められる場合においては、縦横断勾配にかかわらず、すべり止め舗装とすることができる。
- (3) 耐流動舗装は大型車交通量の多い路線で、分岐部、合流部および曲線部にかかる手前の区間等のわだち掘れが生じやすい個所に適用する。
- (4) 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。

3-2 コンクリート床版上の標準舗装

標準舗装の断面構造は図-5の通りとする。

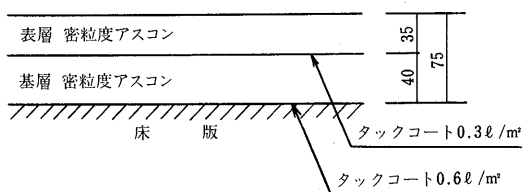


図-5 コンクリート床版上の断面構造
(標準舗装)(本線、ランプ)

- (1) 混合物の配合設計においては、マーシャル試験で、最適のアスファルト量が求まったならばホイールトラッキング試験により動的安定度を求める。DSの

目標値は、荷重条件 6.4 kg/cm^2 (60°C) で 840 回/mm 以上とする。

3-3 コンクリート床版上の特殊舗装

特殊舗装のうち、すべり止め舗装の断面構造は図-6耐流動舗装の断面構造は図-7の通りとする。

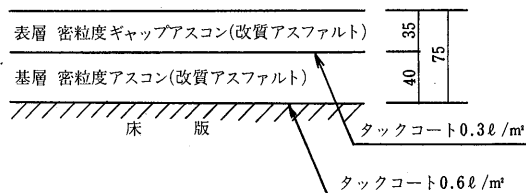


図-6 コンクリート床版上の断面構造
(すべり止め舗装)(本線、ランプ)

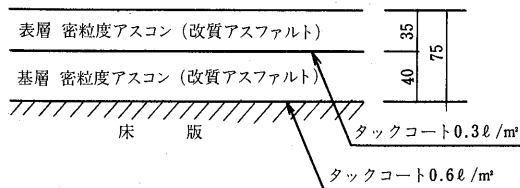


図-7 コンクリート床版上の断面構造
(耐流動舗装)(本線、ランプ)

- (1) すべり止め舗装用改質アスファルトについては、アスファルト舗装要綱による。
- (2) 耐流動性舗装用改質アスファルトは、アスファルト舗装要綱7-6-1に記述される高温時の流動抵抗性の改善に重点を置いたものを用いる。
- (3) 混合物の種類は、すべり止め対策区間は密粒度ギャップアスコン、耐流動対策区間は密粒度アスコンとする。この場合、最適アスファルト量におけるホイールトラッキング試験の動的安定度DS (60°C 、接地圧 6.4 kg/cm^2) は 2000 回/mm 以上とする。

3-4 鋼床版上の標準舗装

標準舗装の断面構造は図-8の通りとする。

鋼床版はコンクリート床版に比べてわみが大きく、ボルトヘッド、スプライトスプレートなど不陸凹凸があり、さらに不透水性の舗装が要求されることから基層にグースアスファルト舗装を採用する。

- (1) 基層に用いるグースアスファルトには改質アスファルトを使用し高温時における流動抵抗性が大きく、かつ、耐熱性に優れたものを使用する。

最近では、石油アスファルトにトリニダッド天然アスファルトを加えたもの、及び石油アスファルト

(2) 最適アスファルト量におけるホイールトラッキング試験の動的安定度 DS (60°C , 接地圧 6.4 kg/cm^2) は 500 回/mm 以上とする。

(3) また、最適アスファルト量における曲げ試験破断歪 (-10°C , 50 mm/min) は 8×10^{-3} とする。

特殊舗装の断面構造は図-9の通りである。

(1) 鋼床版上の特殊舗装は、基層はグースアスファルト（改質アスファルト）とし、表層はコンクリート床版上の特殊舗装と同様に、すべり止め舗装部を密粒度ギャップアスコン（改質アスファルト）、耐流

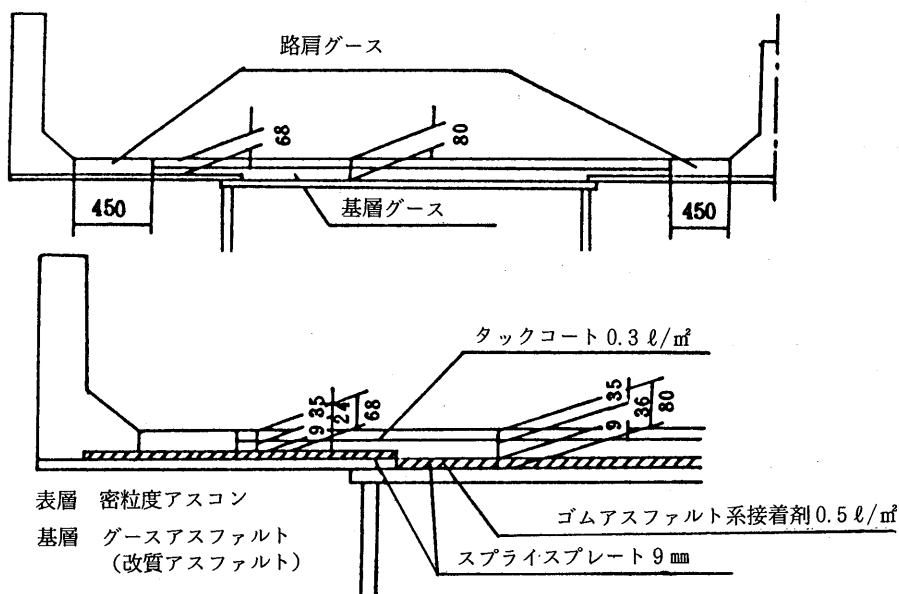


図-8 鋼床版上の標準断面構造

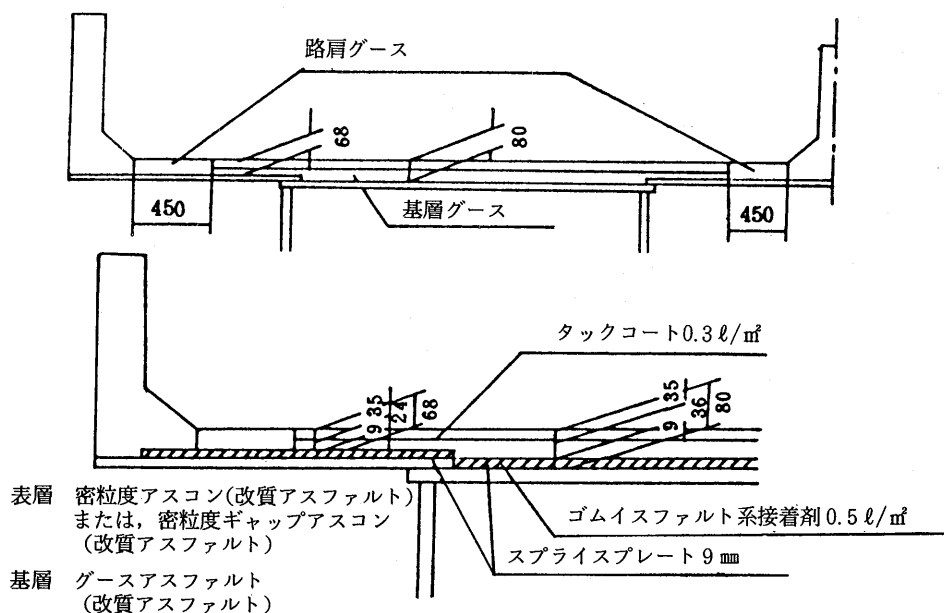


図-9 鋼床版上の断面構造（特殊舗装）

動舗装部は密粒度アスコン（改質アスファルト）を使用する。

3-6 料金徴収所付近の舗装（高架部）

料金徴収所付近の舗装の範囲は図-10とし、半剛性舗装を原則とする。半剛性舗装の断面構造は図-11の通りとする。

- (1) 半剛性舗装はセメントを主体とする特殊な浸透用ペーストを開粒度アスコンの表面骨材間げき中に散布浸透させる舗装である。
- (2) 半剛性舗装の初期のすべり抵抗を増すために浸透用セメントペーストがまだ固まらないうちに表面にケイ砂を散布定着させるとよい。
- (3) 全浸透とは開粒度アスコンの全厚にわたって浸透用セメントペーストを浸透させるものである。
- (4) 浸透用セメントペーストは、セメントフライアッシュまたは、ポゾランを主体とし、これに樹脂エマルジョン、ゴムラテックスなどの特殊添加剤を配合したもので、必要に応じてケイ砂を使用する。

料金所徴収所付近は、交通車両の停止発進による応力状態が、通常に比べて複雑かつ過酷なものであると考えられること、また、ガソリンやエンジンオイルなどで浸されやすい場所であることなどから、耐久性がありかつ耐油性があるものが要求されている。当公団では、これらのことを考慮して半剛性舗装を採用した。

4. 今後の方針

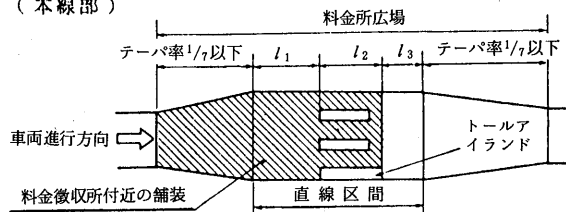
阪神高速道路は、阪神都市圏の大動脈として、1日の通行台数が約66万台にも達しており、舗装補修のための交通規制、通行止を繰り返すことは、交通渋滞や騒音公害などの社会的問題を発生させるため、安易に実施できない状況にある

このため、耐久性が良く、供用性が良い舗装設計が望まれている。

今回の舗装設計基準では、以上の観点から既設舗装の点検・調査を基に、特に耐流動性舗装に重点を置き、改訂を行ったものである。現在、改訂基準での実施例が少ないため、耐久性・供用性等について十分評価できるまでには至っていない。

しかしながら、今回の改訂作業でみられたように、舗装設計基準の整備にあたっては既設舗装の点検・調査結果からのフィードバックが重要となる。したがって、今後とも既設舗装の継続調査を実施しさらに、より良い舗装設計基準を整備していく予定である。

（本線部）



（ランプ部）

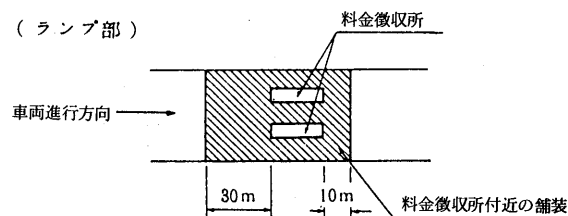


図-10 料金徴収所付近の舗装範囲

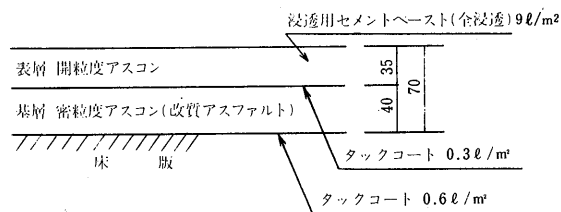


図-11 半剛性舗装の断面構造

最後に今回の舗装基準改訂にあたって多大な御尽力をいただきました松野委員長をはじめ各委員の方々に謝辞を申し上げます。

参考文献

1. 舗装に関する調査研究報告書（昭和57年3月）
阪神高速道路公団舗装研究委員会
2. 高架道路におけるアスファルト舗装のわだち掘れとその対策 道路技術シンポジウム 1983 山崎茂
3. 設計基準第3部構造物設計基準（昭和53年4月）
阪神高速道路公団
4. 道路構造物の補修基準 昭和58年7月
阪神高速道路公団

表-1 改質アスファルト混合物

[illegible]

表-2 グースアスファルト混合物

個 所 類	51 年 3 月	長 浦	53 年 3 月	新 二 子 橋	53 年 2 月	千 住 新 橋	56 年 2 月	新 利 根 川 橋	54 年 6 月	新 滝 橋	平均($\bar{x}$) 及び 標準偏差(σ_n)
	配合 設計	試験 練り	本 施 工	配合 設計	試験 練り	本 施 工	配合 設計	試験 練り	配合 設計	試験 練り	
混合バインダー量(%)	8.7	8.7	8.7	8.5	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.7	8.4
5 号 砕 石	25			30			20	20	24		
6 号 砕 石	15			26			24	24	24		
7 号 砕 石				—			—	—	—		
スクリーニングス	23			—			—	—	—		
粗 砂	8			14			20	20	13		
細 砂	29			30			6	6	13		
石 粉							30	30	26		
(%)											
20	100	100	—	100	99.5	98.4	100	100	100.0	100.0	
13	98.8	99.3	99.3	100	99.5	99.7	99.5	99.7	98.4	98.3	
5	72.3	73.7	74.0	69.7	70.8	70.3	77.7	74.9	67.2	68.4	100
2.5	57.7	54.3	52.5	47.0	47.6	49.9	55.3	53.7	47.9	48.5	74.6
0.6	44.1	43.8	44.2	43.0	41.3	42.3	43.4	41.8	45.5	45.0	54.0
0.3	34.8	32.5	36.2	35.5	36.6	35.9	37.2	35.9	39.4	39.0	37.0
0.15	27.8	28.3	27.5	29.8	30.2	30.4	29.6	27.7	31.3	32.2	29.9
0.074	25.0	25.4	23.7	23.4	23.8	24.7	23.9	24.3	24.6	25.2	26.2
密 度	—	2.378	$\bar{x}_3=2.375$	—	—	—	—	—	—	2.363	23.9
250 °C	6.0	—	(4.0/260 °C)	—	—	—	7.2	8.7	—	(7.2/240 °C)	
240 °C	7.2	—	—	17	14	$\bar{x}_{45}=14.4$	8.0	10.1	$\bar{x}_{66}=9.35$ $\sigma=1.12$	15.6	$\bar{x}=13.0$ $\sigma_n=3.55$
230 °C	9.0	(14/210 °C)	8.0	—	—	—	(9.4/220 °C)	12.0	—	1.88	11.0
貫 入 量 (mm)	2.5	$\bar{x}_2=2.0$	$\bar{x}_3=1.92$	$\bar{x}_3=2.1$	1.9	$\bar{x}_{45}=1.70$	2.0	1.27	$\bar{x}_{70}=2.06$ $\sigma=0.36$	2.12	2.70
D S (回/mm)	—	—	$\bar{x}_2=238$	430	$\bar{x}_2=420$	$\bar{x}_9=430$	—	465	465	630	2.2
応 力 (kg/cm ²)	—	—	$\bar{x}_2=116$	—	—	$\bar{x}_{16}=105.7$	—	107	107	—	350*
歪 (cm/cm)	—	—	$\bar{x}_2=11.6 \times 10^{-3}$	11.0×10^{-3}	12×10^{-3}	$\bar{x}_{16}=13.0 \times 10^{-3}$	—	10.5×10^{-3}	10.5×10^{-3}	8.4×10^{-3}	582
垂 歪	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\bar{x}=0.011$ $\sigma_n=1.34 \times 10^{-3}$

* 5 号チップ
482

千住新橋試験舗装の経緯

小山内 徳 雄*

1. まえがき

一般国道4号線、東京都足立区千住地先荒川に架橋されていた旧千住新橋は、大正13年完成以来50年を経て橋桁の老朽化が著しく、そのうえ交通量の増加と車両の大型化により、都内でも有数の交通渋滞箇所であり早急な架替を必要としていた。架設計画のうちⅠ期工事として旧橋の下流側に暫定4車線（将来上り専用となる）を昭和53年に完成し、Ⅱ期工事は旧橋部に下り専用3車線を昭和58年3月に完成したものである。

近年重交通による舗装の流動化やひび割れ等の問題が各地で発生しており、特に都市内における橋面舗装は供用後の維持・修繕等が容易でなく、特に耐久性に優れている高品質の舗装が求められている。千住新橋Ⅰ期の舗装はそれらの対策を検討すべく鋼床版橋の試験舗装区間に指定され、また本州四国連絡の長大径間鋼床版橋の舗装仕様を定める試験研究の一部を兼ねたものとして4種類の構成をもって実施された。

試験舗装の追跡調査は供用後年2回の頻度で行われており、昭和58年度Ⅰ期部を完成3車線の上り専用橋として供用し、余裕幅員は既設歩道を拡幅することとした。

本報告は、追跡調査の経緯と歩道拡幅工事により試験舗装の一部が撤去されるのに伴い、鋼床版橋面舗装の各種調査を行ないそれらの調査結果について報告するものである。

2. 千住新橋試験舗装の概要

延長および型式

橋長 $L = 446 \text{ m}$

型式 3径間連続鋼床版箱桁1連
(90m + 120m + 90m)
単純鋼床版箱桁2連
(73m × 2)

道路規格 4種1級

千住新橋の平面図、暫定時幅員構成を図-1、図-2
又4種類の舗装構成は図-3のとおりである。

3. バインダー及び混合物

3-1 グースアスファルト

グースアスファルトはストレートアスファルト75%及びトリニダッドアスファルトを25%ブレンドしたもの。

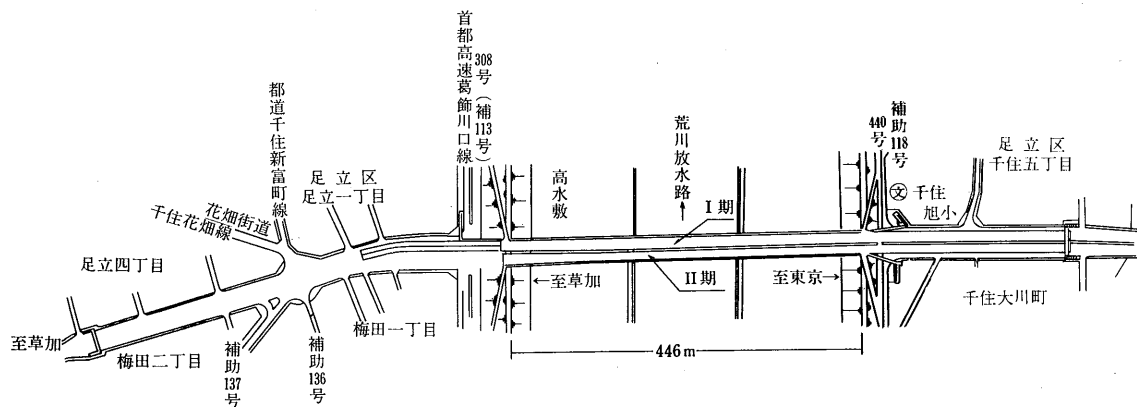
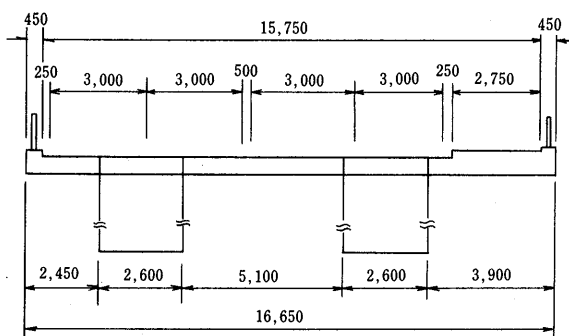


図-1 平面図

* おさない のりお 前関東地方建設局首都国道工事々務所工務第二係長



完成時巾員構成

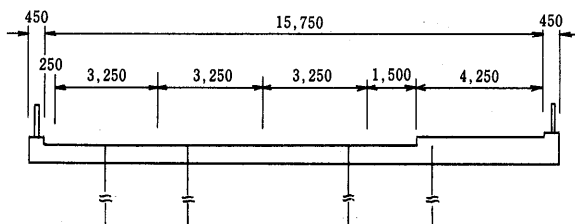


図-2 暫定時巾員構成 (I期)

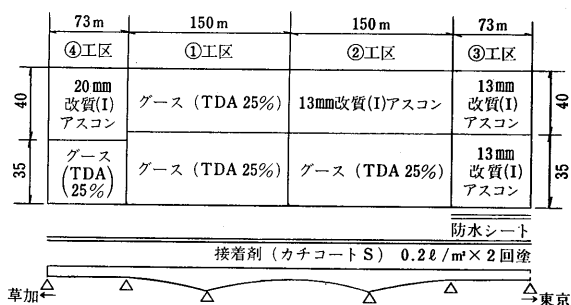


図-3 試験舗装工区割

3-2 改質I型アスコン

C. R (クロロプレンラバー) 入り改質アスファルトで最大粒径13mmと20mmの2種類を使用。

3-3 混合物の性状試験

試験練り時の性状試験は表-1のとおりである。

表-1 混合物の性状試験

改質アスコン					グースアスファルト			
配合種別		13mm改質	20mm改質	規格	バインダー量(%)		8.4	規格
バインダー量(%)		5.4	5.2		13 mm		99.8	100
粒 度	25 mm		100	(100)	粒 度	5	76.8	65~85
	20	100	99.6	100 (95~100)		2.5	55.3	45~62
	13	98.0	81.2	95~100 (75~90)		0.6	43.4	35~50
	5	65.3	54.8	55~75 (45~65)		0.3	37.2	28~42
	2.5	41.9	41.3	35~50		0.15	29.6	25~34
	0.6	25.1	25.5	18~29		0.074	23.9	20~27
	0.3	15.8	16.0	10~21	流動性	250℃	8.7 秒	240℃
	0.15	8.2	8.3	6~16		240℃	10.1 秒	↑
	0.074	5.7	5.7	4~8		230℃	12.0 秒	20秒以下
マーシャル性状	密度 g/cm ³	2.378	2.403	—	貫入量(mm)		1.27	1~4
	空隙率 %	3.9	3.1	3~5 (3~6)	ホイール トラッキング試験	変形率 mm/min	9.34×10 ⁻²	—
	VMA %	16.5	15.4	—		動的安定度 mm/min	465	150以上
	飽和度 %	76	80	75~85	曲げ試験	曲げ応力 kg/cm ²	107	—
	安定度 kg	1.560	1.440	1000以上		破断歪 10 ⁻³	10.5	8.0以上
	フロー値 1/100 cm	24	27	20~40	規格欄で()内は20mm改質に適用 *はバインダー量5.7%での試験結果			
	ホイール トラッキング試験	変形率 mm/min 動的安定度 回/min	1.67×10 ⁻² 2.510	1.50×10 ⁻² 2.800				
曲げ試験	曲げ応力 kg/cm ²	113*	101	—				
	破断歪 10 ⁻³	8.2*	7.9	6.0以上				

4. 路面性状調査

上り線については昭和53年5月供用以来、年2回追跡調査を行っているが下り線については、千住左岸（郊外側）梅田五差路での通称花畑街道への右折車両が多く、

その影響が追越車線については本橋右岸側まで渋滞長となっていて表われており、その交通形態をふまえ昭和56年6月の調査から追加対象とし、その経過は表-2、表-3のとおりである。

表-2 千住新橋路面性状（上り線）

工区番号 車線区分		観測年月 項目		昭和53年5月					昭和53年11月					昭和54年10月							
				わだち掘れ量(mm)		縦断凹凸量(δmm)		路面すべり摩擦係数 (上)20km/h (下)40 "	累積大型車交通量 ×10 ⁴ 台	わだち掘れ量(mm)		縦断凹凸量(δmm)		路面すべり摩擦係数 (上)20km/h (下)40 "	累積大型車交通量 ×10 ⁴ 台	わだち掘れ量(mm)		縦断凹凸量(δmm)		路面すべり摩擦係数 (上)20km/h (下)40 "	累積大型車交通量 ×10 ⁴ 台
				範囲	平均	わだち部	中央部			範囲	平均	わだち部	中央部			範囲	平均	わだち部	中央部		
①	グース	走行	6.0~ +4.5	1.2	1.67	0.62	0.788	走行 0	4.3~ 1.5	2.8	1.41	1.30	0.632	走行 52.8	8.7~ 5.3	7.1	1.34	1.24	0.747	走行 129.1	
	グース	追越	5.5~ +1.0	4.1	1.47	0.56	0.670		7.3~ 4.0	4.9	1.18	0.98	0.514		10.6~ 7.9	8.7	1.06	1.00	0.597		
②	13改	走行	3.0~ 0.5	1.8	0.68	1.39	0.770	追越 0	3.3~ 2.0	2.6	0.65	0.56	0.602	追越 76.8	5.0~ 3.3	4.1	0.67	0.54	0.725	追越 205.4	
	グース	追越	2.5~ +1.5	0.7	0.67	1.10	0.620		3.0~ 1.5	2.1	0.64	0.52	0.494		6.3~ 4.9	5.8	0.67	0.57	0.554		
③	13改	走行	3.0~ 0.5	1.7	0.67	0.77	0.775	追越 0	3.0~ 1.5	2.4	0.74	0.42	0.621	追越 76.8	4.8~ 3.3	4.3	0.82	0.49	0.723	追越 205.4	
	13改	追越	1.5~ +2.5	0.2	0.58	1.46	0.600		2.0~ 1.0	1.4	0.62	0.42	0.513		6.2~ 3.5	4.9	0.65	0.45	0.555		
④	20改	走行	4.0~ 0	2.8	0.96	0.54	0.700	追越 0	4.3~ 1.5	2.7	0.80	1.22	0.561	追越 76.8	4.9~ 3.9	4.5	0.77	0.73	0.685	追越 205.4	
	グース	追越	1.5~ +4.5	0.2	1.23	0.57	0.550		2.8~ 1.8	0.5	0.66	1.22	0.456		6.3~ 2.0	4.2	1.27	1.08	0.521		

観測年月		昭和 55 年 10 月							昭和 56 年 10 月							昭和 57 年 10 月																					
		わだち掘れ量 (mm)		縦断凹凸量 (δ mm)		路面すべり摩擦係数 (上)20km/h (下)40 "		累積大型車交通量 × 10 ⁴ 台	わだち掘れ量 (mm)		縦断凹凸量 (δ mm)		路面すべり摩擦係数 (上)20km/h (下)40 "		累積大型車交通量 × 10 ⁴ 台	わだち掘れ量 (mm)		縦断凹凸量 (δ mm)		路面すべり摩擦係数 (上)20km/h (下)40 "		累積大型車交通量 × 10 ⁴ 台															
工区番号	車線区分	項目		範囲	平均	わだち部	中央部		範囲	平均	わだち部	中央部			範囲	平均	わだち部	中央部			範囲	平均	わだち部	中央部													
①	グース	走行	9.0~3.5	6.8	1.34	1.23	0.736		11.0~5.5	8.0	1.35	1.30	0.668		14.0~6.0	9.7	1.26	1.31	0.646		12.0~8.0	9.7	1.02	1.08	0.492		15.0~9.5	11.8	0.98	1.07	0.488						
	グース	追越	11.0~5.0	6.7	1.11	1.22	0.586		6.0~3.0	4.6	0.73	0.61	0.657		7.5~4.0	6.0	0.71	0.61	0.681		10.0~5.5	7.9	0.76	0.58	0.532		9.0~3.5	6.5	0.71	0.51	0.484		8.5~4.5	6.6	0.72	0.57	0.541
②	13 改	走行	5.5~2.5	3.8	0.73	0.68	0.736	走行 185.1	6.0~3.0	4.6	0.73	0.61	0.657	走行 247.6	7.5~4.0	6.0	0.71	0.61	0.681	走行 290.6	10.0~5.5	7.9	0.76	0.58	0.532		9.0~3.5	6.5	0.71	0.51	0.484		8.5~4.5	6.8	0.86	0.54	0.690
	グース	追越	6.5~2.0	3.8	0.75	0.60	0.583		10.0~4.0	7.1	0.67	0.63	0.491		10.0~5.5	7.9	0.76	0.58	0.532		9.0~3.5	6.5	0.71	0.51	0.484		8.5~4.5	6.6	0.72	0.57	0.541						
③	13 改	走行	6.0~1.5	3.3	0.85	0.75	0.725	追越 312.4	6.0~2.0	4.1	0.76	0.76	0.643	追越 431.5	8.5~4.5	6.8	0.86	0.54	0.690	追越 523.9	9.0~3.5	6.5	0.71	0.51	0.484		8.5~4.5	6.6	0.72	0.57	0.541						
	13 改	追越	5.0~1.0	3.3	0.72	0.47	0.575		9.0~3.5	6.5	0.71	0.51	0.484		8.5~4.5	6.6	0.72	0.57	0.541																		
④	20 改	走行	5.5~1.5	3.9	0.76	0.87	0.682		5.0~1.0	4.0	0.95	0.81	0.552		9.0~5.0	7.1	0.85	0.73	0.570		6.0~2.0	4.1	1.15	1.08	0.415		8.5~3.5	5.8	1.11	1.22	0.444						
	グース	追越	3.5~1.5	2.8	1.19	1.22	0.517		6.0~2.0	4.1	1.15	1.08	0.415		8.5~3.5	5.8	1.11	1.22	0.444																		

表-3 千住新橋路面性状(下り線)

工区 番号	車 線 区 分	観測年月	昭和56年6月				昭和56年10月				昭和57年6月				昭和57年10月			
			わだち掘れ量(mm)		縦断凹凸量(δmm)		わだち掘れ量(mm)		縦断凹凸量(δmm)		わだち掘れ量(mm)		縦断凹凸量(δmm)		わだち掘れ量(mm)		縦断凹凸量(δmm)	
			範囲		平均		範囲		平均		範囲		平均		範囲		平均	
			わだち掘れ量(mm)	縦断凹凸量(δmm)	わだち掘れ量(mm)	縦断凹凸量(δmm)	わだち掘れ量(mm)	縦断凹凸量(δmm)	わだち掘れ量(mm)	縦断凹凸量(δmm)	わだち掘れ量(mm)	縦断凹凸量(δmm)	わだち掘れ量(mm)	縦断凹凸量(δmm)	わだち掘れ量(mm)	縦断凹凸量(δmm)	わだち掘れ量(mm)	縦断凹凸量(δmm)
①	グース 走行		23.0~6.0	13.2	0.91	1.07					25.0~6.0	12.4	1.35	1.30				
	グース 追越		27.0~16.0	22.5	1.34	1.30					32.5~22.0	27.5	0.98	1.39				
②	13改 走行		12.0~4.0	8.5	0.72	0.57					16.0~8.0	10.9	0.85	0.74				
	グース 追越		18.0~9.0	14.8	0.84	0.58					24.0~16.0	20.3	0.74	0.70				
③	13改 走行		14.0~3.0	9.7	0.77	0.49					17.5~5.5	11.0	1.09	0.58				
	13改 追越		13.0~5.5	8.6	0.53	0.65					19.0~7.0	12.3	0.87	0.60				
④	20改 走行		10.0~5.5	7.6	0.80	0.84					15.0~7.0	11.0	1.17	1.11				
	グース 追越		15.0~9.0	13.4	1.10	1.14					24.5~15.5	18.9	1.01	0.95				
			走行 232.9				走行 259.0				走行 309.6				走行 315.2			
			追越 366.9				追越 408.1				追越 487.9				追越 520.5			

5. わだち掘れの経過

各調査項目のうちわだち掘れと累積大型車交通量についてみると上り線は図-4、下り線は図-5のとおりである。

上り線は昭和57年10月時走行車線 290 万台、追越車線 523 万台であり、4 工種のうち最もわだち掘れの大きい工種は走行、追越車線ともグース+グースである。走行車線の他の3工種は比較的同じようなわだち掘れ傾向を

示しているが、追越車線3工種のわだち掘れの差は表われており、最もわだち掘れの少ない工種はグース+20改質である。

下り線については昭和57年10月時累積大型車交通量は

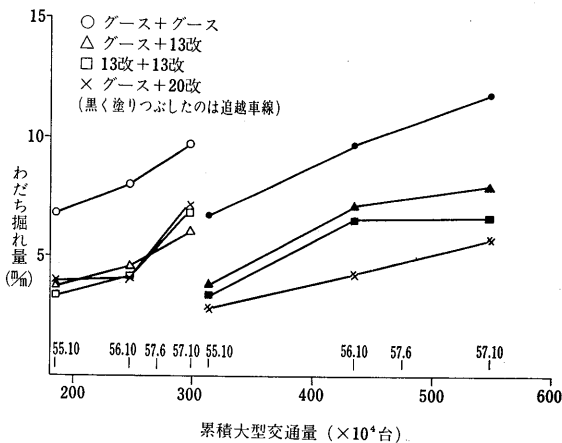


図-4 千住新橋(上り線)

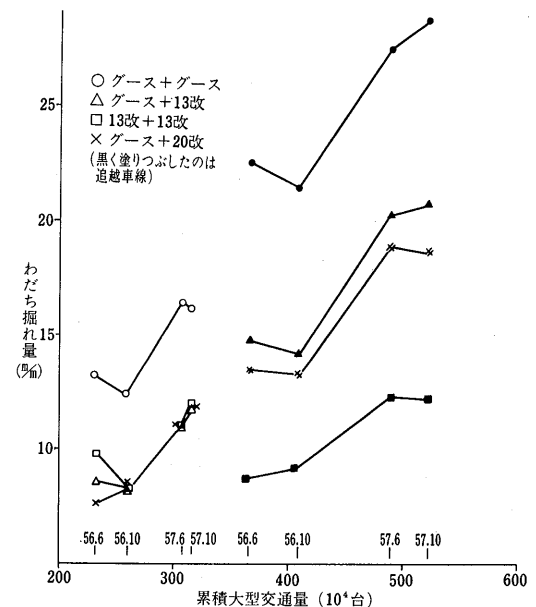


図-5 千住新橋(下り線)

走行車線で315万台、追越車線で520万台である。4工種のうち最もわだち掘れの大きい工種は上り線同様グース+グースであり、最も少ない工種は13mm改質+13mm改質である。又追越車線での3工種（グース+グースを除く）については基層にグース使用の工種には同程度のわだち掘れが出ており、基層に13mm改質使用よりかなり多くわだち掘れが進んでおり、これはグース基層で塑性流動が起っているものと思われる。走行車線では下り線の方が上り線に対して1.7倍程度のわだち掘れ、追越車線では各工種とも下り線が上り線よりも2倍程度のわだち掘れ傾向を示している。これは現場の状況から下り線の追越車線の車両のうち、梅田五差路での右折車両が多くはけきれないため、特に朝夕の渋滞が都心部の方まで影

響を及ぼしており、その為車両の発進停止の繰返し荷重が上り線に比較してかなり多いことが結果として表われているものと思われる。

6. 舗装取毀時における試験

既設歩道拡幅における試験舗装取毀しの断面は図-6のとおりである。交通流としては上り線部走行車線であり、過去の路面性状調査での最も安定していると思われる箇所である。

6-1 調査試験項目と頻度

調査試験項目と頻度は表-4に示す。試験項目のうち主たるものについて述べる。

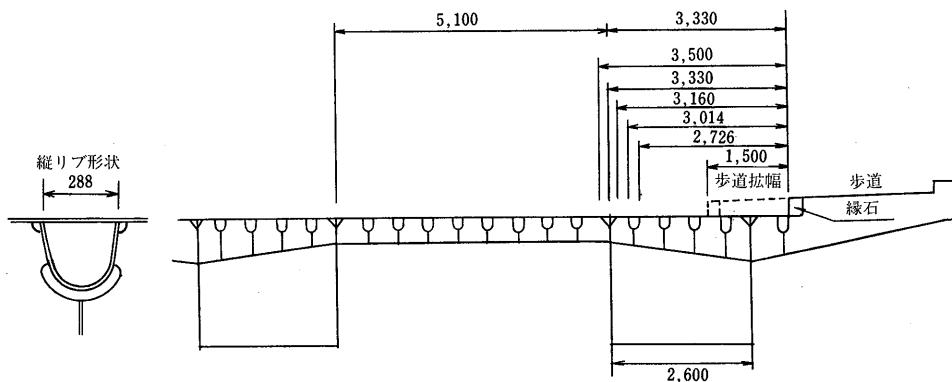


図-6 歩道取毀断面及びリブ配置

表-4 調査試験項目と頻度

分類	調査試験項目	試験法	頻度	数量
現場試験	ひびわれ調査	スケッチ法	全 面	2,899 m ²
	すべり抵抗測定	ASTM E 303-66 T	9点/工区	36 点
	わだち掘れ測定	横断プロフィルメータ	1箇所/20m	19箇所
	平坦性測定	縦断プロフィルメータ	3測線/車線	2,230 m
	ジョイント部の段差測定	関 枝 法	3点/工区	12 点
	接着性測定	土 研 式	①,②,④工区各9ケ,③工区18	45 ケ
目視観察	目地部の水の浸透	観 察	全 面	
	鋼床版の錆		同 上	
	防水シートのヨレ等		同 上	
	はぎ取り作業の難易度		同 上	
室内試験	舗装厚測定	ノギスによる	6ケ/工区	24 ケ
	コアの密度測定	As 舗装要綱	6ケ/工区	48 ケ
	アスファルト抽出及び粒度	ソックスレー法, アブソン法	3ケ/合材種	15 ケ
	ホイールトラッキング	6.4 kg / cm ² 60℃		31 ケ
	単純曲げ	本 四 法		66 ケ
	防水シートの引張り			3 ケ
	防水シートのバインダー性状	針入度, 軟化点, 赤外線吸収		3 ケ

6-2 現場試験

6-2-1 ひびわれ調査

ひび割れ調査は車線規制内の2車線について行った。

縦断方向のひび割れの発生が認められたのは1工区と3工区の表層・基層同一工種の区間であり、横断方向のひび割れが一部4工区に認められた。

1工区(グース+グース)は縦施工ジョイントが歩道縁石部より下層が3.7m、上層で3.5mにありその箇所では線状クラックが発生している。この位置はまた主桁補強リブ周辺であり路面の引張応力が集中する箇所にあたる。

3工区(改質+改質)の縦施工ジョイントは下層が3.5m、上層で3.25mにあり線状クラックは2.9m~3.5mの範囲に発生しており、施工ジョイントは主桁上とは完全に一致しないが線状クラックの殆んどは、1工区と同様に主桁補強リブ近辺に発生していることから、橋梁構造と通行軌跡に影響されているものと考えられる。

“本州四国連絡橋の橋面舗装に関する調査研究報告書”

(55. 3 海洋架橋調査会)によれば橋面舗装の破損と分類は表-5のとおりである。

表-5 橋面舗装の破損の分類と原因

分類		主な原因
主として路面性状に関する破損	局部的なひびわれ	ヘアクラック ひらき 混合物の品質不良、転圧温度の不良。
	段差	伸縮装置付近の凹凸 伸縮装置と舗装の剛性の違い、構造物継目の不陸。 混合物の安定性不足による変形、摩耗。
	変形	わだち掘れ 縦断方向の凹凸 過大な重交通(静止荷重)混合物の安定性不足、わだちの一定、品質不良。 坂路などでの車両の制動。 過酷な交通条件、混合物の安定性不足、床版の不陸。 寄りくぼみフラッシュ タックコート量の過多、むら。 混合物のアスファルト量過多、軟質アスファルト、タックコート量の過多、むら。
	摩耗	ラベリング ポリッシング はがれ 転圧不足、アスファルト量の不足、混合物の過熱、タイヤチェーン、スパイクタイヤの使用、アスファルトの老化、やわらかく摩耗されやすい骨材。
	崩壊	ポットホール はく離 老 混合物の品質不良、転圧不足、雨水等の浸入、鋼床板の連結ボルト。
	その他	きず 表面のふくれ 自動車からの落下物、事故。 ち密な混合物、表層下の空気の膨脹、タックコートの溶蒸発、コンクリート床の水分蒸発
主として構造に関する破損	全面的なひびわれ	線状ひびわれ 亀甲状ひびわれ 比較的大きいたわみの橋、橋の振動性状による局部的応力集中、床版のたわみ特性、はがれ。 橋の振動、たわみ、混合物の品質不良、アスファルトの老化、はがれ。

4工区のクラックはわだち変化部でのものと見受けられ、又舗装表面の粗骨材のはがれが非常に多く今後のわだち掘れの進行と共にその増加が懸念される。

6.2.2 接着性の測定

土研式引張試験による接着力試験結果は表-6に示す、測定は気温の影響の少ない夜間(午前3時~5時)に行なったものである。鋼床版と舗装の接着性は舗装の疲労寿命等に影響することから建設省土木研究所、本州四国連絡橋公団等にて研究されているが鋼床版舗装として必要とされる接着強度は明確化されていない。参考として建設省土木研究所のデータ(土木技術資料58年10月号)を表-7及び図-7に、又本州四国連絡橋のデータを表-8、表-9に示す。

測定結果から1工区のわだち部、非わだち部及び縦リブ上の接着強度は25kg/cm²以上を示しており図-7及び表-9より大きく条件は違うが良好な接着性を示しているものと思われる。

表-6 接着力試験結果

位置 工区	項目	わだち部		非わだち部		縦リブ上	
		強度 (kg/cm ²)	破壊形式	強度 (kg/cm ²)	破壊形式	強度 (kg/cm ²)	破壊形式
1	1	28.7	A	27.4	A	28.7	A
	2	27.4	A	28.7	A	29.3	A
	3	28.0	A	19.1	A	24.2	A
	平均	28.0		25.0		27.4	
2	1	19.1	B	19.1	B	19.1	B 80 % F 20 %
	2	17.8	B	19.1	B	18.5	B
	3	18.5	A	19.1	A	19.1	B
	平均	18.5		19.1		18.9	
3	1	12.1	D	8.9	B 80 % D 20 %	12.7	E 50 % D 50 %
	2	12.7	D	7.0	B	11.5	D
	3	12.7	D	12.7	B 60 % D 40 %	11.5	D
	4	12.7	A 60 % D 40 %	11.5	B 90 % D 10 %	10.2	D
	5	12.7	A 60 % D 40 %	8.9	D	10.8	D
	6	15.3	*接着板	5.1	G	16.6	B
	平均	12.7		9.0		12.2	
4	1	18.5	C	19.1	C	17.2	C
	2	15.9	C	18.5	C	16.6	C
	3	16.6	C	17.8	C	16.6	C
	平均	17.0		18.5		16.8	

試験時の気温、路面温度は、各工区とも16℃である。

破壊形式で
A: 接着凝集
B: アスコン凝集
C: グース凝集
D: シートとアスコンの界面
E: 接着層とシートの界面
F: アスコンとグースの界面
G: アスコンとアスコンの界面

*3工区わだち部No6は、接着板と接着材ではなく難したため、試験値を除外した。

表-7 アスファルト混合物の種類と一般性状

混合物種類	バインダー種類	接着剤種類 塗布方法	バインダー量 (%)	密度 (g/cm ³)	空け率 (%)	飽和度 (%)	フロー値 (1/100 cm)	安定度 (kg)	S/F (kg/100 ⁻¹ cm)
密粒度アスコン ②(13)	改質アスファルト	アスファルトゴム系 0.2 l/m ² , 2回塗布	5.2	2.404	3.6	81.5	29	1570	54
細粒度アスコン ⑦(13F)	エポキシアスファルト	エポキシアスファルト系 0.5 l/m ² , 1回塗布	8.3	2.336	3.2	84.5	26	7300	281
ゲースアス ファルト	ストレータアスファルト 20~40, 75% 精製トリニグットアスファルト 25%	アスファルトゴム系 0.2 l/m ² , 2回塗布	8.0	貫入量 (45℃, mm)			リュエル流動性 (240℃, sec)		
				1.5			9		

表-9 舗装との接着性状

ゲースアスファルトの場合

試験方法	防錆処理機種別	試験温度 ℃	破壊形式		強さ (σ _t σ _s) kg/cm ²	
			暴露 0カ月	暴露 7カ月	暴露 0カ月	暴露 7カ月
引張試験	亜鉛溶射 100 μ (封孔処理)	-10	接	界	18	8
		20	接	界	20	16
	無機ジंक 50 μ (改良型)	-10	接	界	13	13
		20	界	接・界	16	15
	有機ジंक 50 μ	-10	界	界	13	5
		20	接	界	22	19
	無機ジंक 20 μ (グリットブラスト)	-10		接		18
		20		接・界		19
試験	無処理 I・II (グリットブラスト)	-10	接	接	18	19
		20	接・界	接・界	18	19

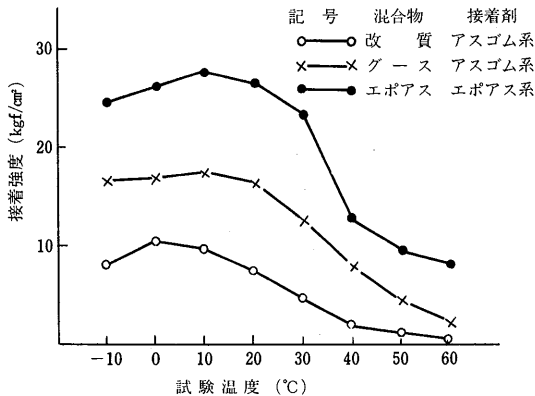


図-7 接着強度と試験温度の関係(無処理)

表-8 舗装との接着性状

改質アスファルト混合物の場合

試験方法	防錆処理機種別	試験温度 ℃	破壊形式		強さ (σ _t σ _s) kg/cm ²	
			暴露 0カ月	暴露 7カ月	暴露 0カ月	暴露 7カ月
引張試験	亜鉛溶射 100 μ (封孔処理)	-10	接	界・混	11	12
		20	混	混	7	6
	無機ジंक 50 μ (改良型)	-10	界・混	界	11	8
		20	混	混	8	6
	無機ジंक 50 μ (改良型) + 防水	-10		防水		19
		20		混		6
	有機ジंक 75 μ	-10	界・混	界・混	10	9
		20	混	混	10	8
試験	無機ジंक 20 μ (グリットブラスト) + 防水	-10		防水・混		19
		20		混		8
	無処理 I・II (グリットブラスト) + 防水	-10	防水	防水・混	21	20
		20	混	混	6	8
試験	無処理 II	-10	界・混		16	
		20	混		8	

2工区及び4工区の接着強度は17~19 kg/cm²を示して
おり破壊形式はアスコン層又はアスコン層とゲース層の

界面付近の凝集破壊であった。接着強度は図-7及び表-9と比較するとほぼ妥当な値と考えられるが1工区より低い値となっている。これは破壊部位に起因するものと考えられるし又縁石から50cm程度の幅で改質アスコンとゲースの層間に浸透水が認められた箇所もありこれも因子となっている可能性もある。

3工区の接着強度は9~13 kg/cm²と他工区に比較して低い値を示している。破壊形式はアスコンの凝集破壊が多く見られた。引抜いた混合物を観察すると縁石側(非わだち部)では水浸剥離状態が認められアスファルト骨材が分離していた。この工区は縦断的に低位置の舗設場所であり、目地部、舗装及び付属物等から雨水が浸透し防水シート上に滞水したためと考えられ、これが本試験における接着強度が他の工区に比較して低い原因と推察される。

接着力試験全般について考察すると各工区とも接着に関しては良行な状態であったと考えられる。しかし2工区、4工区の一部及び3工区に関しては、アスコンの水浸剥離が発生しておりシート部及びゲース上からの排水に関する構造上の問題と耐剥離性に富む混合物の検討が必要であろう。

6-3 目視観察

舗装はぎとり時に目地部の水の浸透、鋼床版の錆、防水シートの状況、はぎとり作業の難易度等を観察した。

6-3-1 目地部の水の浸透

目地部からの水の浸透状況は上下層がグースの場合は舗装下に浸潤の跡も見られず特に問題はないと思われる。下層がグースで上層が改質の場合はグース上で幅30m程度で湿潤状態だった箇所があり、接着力試験でも異層間の凝集破壊が原因として表われていた。橋梁構造上縦断的に低い箇所ほど浸潤幅が広がっていく傾向が見られた。改質+改質の箇所では取付部のため歩道の横断勾配も小さく雨水が浸入しやすい構造となっていた。

これらのことから施工に当っては防水工を入念にやると共に浸入してくる水についてはなるべく早く排水することが必要と思われる。ただ車道部舗装下での排水処理は輪荷重の関係、舗装施工上の難易等のこともあり他の箇所、例えばエキスパンションジョイント、排水樹、仕属施設下等へ誘導してやることが考慮されるべきだろう。

今回縁石据付の際は拡幅部下面に水抜きパイプを5m間隔で設置し、目地部についても全て注入目地とした。

6-3-2 鋼床版の錆

各工区とも舗装下面の錆は全く発生しておらず良好な状態であった。

6-3-3 防水シートの状況

防水シートは特に破壊やヨレはなく良好であったが、シート相互の重ね部分でややシート間の接着の弱い箇所があった。

6-3-4 舗装はぎとり作業の難易度

バックホウの刃先に、はぎとり応力を均等化し又鋼床版を傷付けない目的で、先端を鋭角にした鉄板を取付けてはぎとり作業を行った。はぎとり作業の難易度は接着性試験とは異なり、下層がグースの工区は比較的容易に作業が進行したのに対し、改質+改質の3工区は気温に大きく影響を受け、温度が高くなるほど困難となった。

6-4 室内試験

6-4-1 ホイルトラッキング試験

グース+グース及び改質+改質の試験結果は図-8及び図-9のとおりである。又舗装構成に関係なく全厚で測定した各工区の結果を図-10に示す。図-10から耐流動性に優れている順に列举すると、3工区、4工区、2工区及び1工区の順になり追跡調査で行ってきた図-5の下り線と一致する。

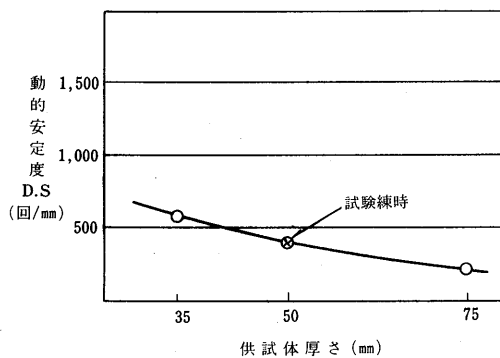


図-8 グースアスファルトの供試体厚とD.S

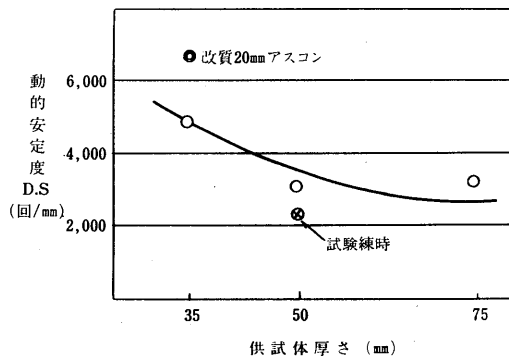


図-9 改質13mmアスコンの供試体厚とD.S

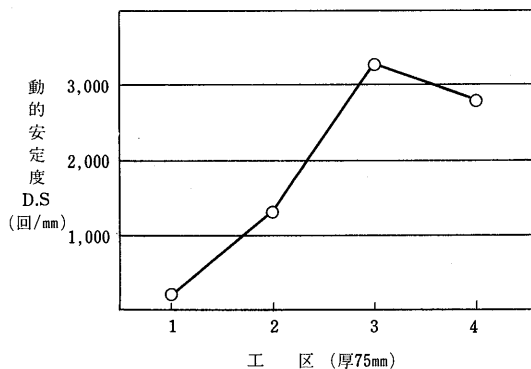


図-10 各工区の舗装構成とD.S

6-4-2 単純曲げ試験

本四公団法による曲げ試験の結果を表-10に示す。1工区及び3工区で温度変化(-10℃~15℃)されて行った曲げ試験結果では、曲げ応力は1工区では-10℃から-5℃と温度が高くなるに従って小さくなり、0℃から15℃と温度が高くなるに従って大きくなる傾向にあり-5℃~0℃が鞍却点となっている。

表-10 曲げ試験結果

工 区 別		1 工区 2 工区 3 工区 4 工区			
供試体厚	試験温度 (°C)				
		1 工区	2 工区	3 工区	4 工区
曲 げ 応 力 (kg/cm ²)	5 cm (1)	-10	117	—	126
		-5	103	—	122
		0	102	—	136
		5	126	—	163
		10	128	—	110
		15	137	—	66
	5 cm (2)	-10	120	—	—
		—	—	—	—
	3 cm	-10 上	99	—	143
		-10 下	92	—	149
	6 cm	-10	113	135	134
		—	—	—	129
破 断 ひ ず み ($\times 10^{-3}$)	5 cm (1)	-10	5.6	—	4.3
		-5	4.4	—	4.6
		0	4.0	—	5.3
		5	4.3	—	11.1
		10	5.5	—	12.1
		15	6.2	—	14.7
	5 cm (2)	-10	7.0	—	—
		—	—	—	—
	3 cm	-10 上	1.4	—	2.4
		-10 下	1.5	—	3.2
	6 cm	-10	5.7	6.6	7.5
		—	—	—	6.0

表-11 防水シートの引張試験結果

	現場採取		新 規		本四規準(案)	
	引張強度 (kg)	伸び (%)	引張強度 (kg)	伸び (%)	引張強度 (kg)	伸び (%)
長手方向	18.0	52.5	18.5	52.0	10以上	10~80
	19.0	58.5	18.5	53.0		
	17.3	54.0	20.7	50.5		
	13.2	42.5	19.0	51.0		
	19.0	47.5	19.5	51.0		
	—	—	—	—		
平 均	17.3	51.0	19.3	51.5	—	—
幅 方 向	13.5	58.5	13.2	55.0	10以上	10~80
	14.0	56.5	13.0	58.0		
	13.7	55.0	12.7	58.0		
	12.2	47.5	10.7	52.0		
	14.2	55.0	13.0	53.5		
	—	—	—	—		
平 均	13.6	54.5	12.4	55.3	—	—
ジョイント部の幅方向	12.0	43.0	—	—	—	—
	13.3	37.5				
	12.0	44.5				
	11.0	43.0				
	10.0	47.5				
	—	—				
平 均	11.7	43.1	—	—	—	—

3 工区では-10℃から5℃と温度が高くなるにしたがって大きくなり、5℃から15℃と温度が高くなるにしたがって小さくなる傾向にあり、5℃付近が頂点となっている。

6-4-3 防水シートに関する試験

防水シートの調査試験として引張試験、抽出アスファルトの針入度、軟化点、接着剪断試験及びピーリング試験等を行った。

A) 引張試験

引張試験結果を表-11に示す。現場から採取した防水シートは本四基準(案)を満足する結果を得た。現場採取シートの長手方向で 13.2 kg と 1 点だけ小さめの引張強度があったが、サンプル採取時にシートに損傷が生じたものと推察される。

B) 抽出アスファルトの針入度、軟化点

現場採取の防水シートをアブソン法により抽出し、バインダー量と回収アスファルトの針入度、軟化点を測定した。結果を表-12に示す。現場採取の防水シートの単重は新規シートより約 800 g 多かった。これは施工時に防水シートを 1 kg/m² の貼付用アスファルトで接着されており、現場採取シートの単重は妥当なものと考えられる。

表-12 抽出アスファルトの試験結果

試験項目	材 料	現場採取シート	新 規シート	本四基準(案)
単 位 重 量 g/m ²		2.913	2.142	1.500
バインダー量 g/m ²		2706 (珪砂含む)	1940 (珪砂含む)	—
軟 化 点 °C		86.0	原料ゴム化 As 110	—
針 入 度 1/100cm		51	34	—

C) 接着剪断、180℃ピーリング試験

接着剪断、180℃ピーリング試験結果を表-13に示す。これは防水シートとアスコンの接着性を調査する目的で行ったもので、Na.2, Na.3 はシートの破断であり 16.3

表-13 接着せん断及 180℃ピーリング試験結果

項 目 No.	接着せん断強度 (kg/cm ²)	180℃ピーリング強度 (kg/cm)
1	17.8	5.0
2	16.8 *	4.0
3	14.4 *	4.0
平 均	16.3	4.3

(注) * はシートの破断

kg/cm²以上の接着強度があるものと推察される。

又180℃ピーリング試験は引きはがし強度をみるもので、本試験例がないため参考資料である。

これらのことから防水シートに関する試験結果では劣化現象は認められなく、適正な施工状態であったと推察される。シートとアスコンとの接着性については試験例が少なく、今後の貴重な資料になるものと思われる。

7. 舗装取毀時試験後の検討課題

千住新橋試験舗装について、経年の追跡調査資料及び今回の歩道拡幅工事に伴う試験で議論された課題は大きく2つに分けられた。

1. 橋梁構造上

- A. 鋼床版の剛性を上げる。
- B. 縦桁（主桁）と縦リブ間隔と車両軌跡との関連。
- C. 付属施設等からの浸透水を物理的に遮断する。
- D. 舗装下に滞水させないよう水抜きパイプ等の設置。

2. 舗装施工上

- A. 舗設時施工ジョイントは供用時の車両通行軌跡及びリブ等の位置を考慮して決定する。
- B. 目地材は背面の接着、熔融を考慮し注入式とする。
- C. 鋼床版と舗装の接着の強化を図る。
- D. 耐剥離性合材の使用。

8. あとがき

都市内幹線道路の鋼床版舗装の問題点は流動、塑性変形に対する硬質な特性の要求、また鋼床版の剛性が低いために生じる変形に追従する舗装本体のたわみ性、防水性等矛盾した問題が含まれている。

千住新橋Ⅱ期の橋面舗装（下り専用鋼床版橋）は、約

4年半経過したⅠ期側試験舗装の追跡調査の中で発進停止の繰返し荷重が多い下り線の試験結果、及び過積載の大型車比率が極めて高く、また高速走行による衝撃を伴った特殊な交通形態にさらされた湾岸線市川大橋山側（改質+改質）、同海側の打換工事（グース+改質）の類似の橋梁構造における橋面舗装の調査結果を参考に改質+改質とされた。

鋼床版舗装については、各研究機関で種々検討されているがまだ確立されていない面も多く、本調査も結果のみに留めているものもある。

今回の舗装取毀時における調査では、各工種とも満足すべき結果は出ているが、しかし構造上の問題特に水に対する防水、排水について認識を新たにし、現地での実績の重視という立場に立ち、その歩道拡幅時の施工については十分対峙した積りである。

調査区間は暫定4車線の中でも上り線側走行車線という箇所、路面性状的には一番良い条件の場所であり、他の車線特に下り線側追越車線とは異った箇所である。

昭和58年3月、暫定4車線から完成3車線となり、多少車線構成は変わったが引続きⅡ期施工分も含め調査を継続しており、今後その推移を見守っていきたい。

参 考 文 献

- 1) 首都国道工事々務所 ; 千住新橋舗装工事試験舗装報告書
- 2) 関東技術事務所 ; 試験道路における試験調査報告書
- 3) 本四公団 ; 本州四国連絡橋の橋面舗装に関する調査研究報告書
- 4) 土木研究所 ; 土木技術資料

☆

☆

☆

☆

☆

☆

阿武隈橋の鋼床版舗装

及 川 浩*
西 村 大**

1. はじめに

宮城県下の阿武隈川に架橋されている一般国道6号の阿武隈橋は、昭和7年に完成したものであるが、老朽化が進み、増大する交通量に対処できなくなったため、架替計画中のところ、昭和53年6月12日、17時15分、マグニチュード7.4の宮城県沖地震に見舞われ、橋脚、支承等に甚大な被害を蒙った。

そのため、近くに代替路線をもたない重要な橋梁であるため、架替計画を早め、昭和54年3月下旬工に着手以来、2年8カ月の短期間施工で昭和56年11月に供用開始したものである。

本報告は、この架替工事のうち、鋼床版舗装の施工と施工後の試験調査の概要について紹介するものである。

2. 阿武隈橋の概要

新阿武隈橋は、旧橋の地震による被害状況の経験を踏まえ、特に耐震性を考慮し、橋長625.3m、巾員11.5mの三径間連続鋼床版箱桁を採用した。

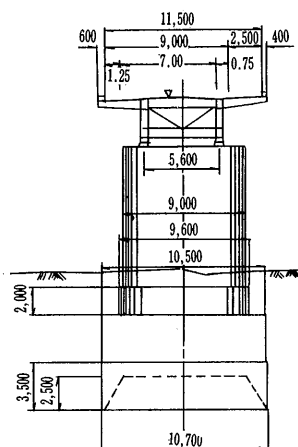


図-2 阿 部 隈 橋

3. 鋼床版舗装

3-1. 混合物の選定

橋面舗装は、舗装体の疲労破壊が早く、流動化しやすい等の問題があるため、グースアスファルトや改質アスファルト等による特殊舗装で施工されているのが一般的である。

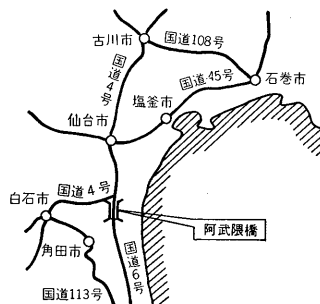


図-1 阿武隈橋の位置

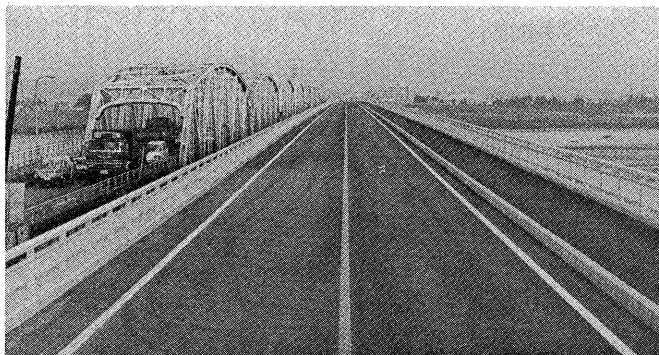


写真-1 完成した阿武隈橋

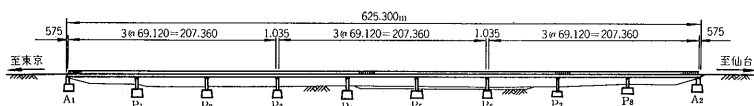


図-2 阿 部 隈 橋

* おいかわ ひろし 東北地方建設局仙台工事々務所副所長

** にしむら ひろし 東北地方建設局仙台工事々務所工務第2課長

当事務所では、従来から交通量の多い仙台バイパス等の橋梁部で流動化対策として改質アスファルト舗装を施工し、結果も概ね良好である事から、阿武隈橋の橋面舗装は改質アスファルト舗装を主体とし、一部試験的に耐摩耗と耐流動に優れているエポキシ樹脂による硬化性アスファルト舗装を施工する事とした。

改質アスファルトはポリファルトSS、TR-100、シノファルトI型の3種類、硬化性アスファルトはODファルト、スピックファルトの2種類とした。

混合物の種類は表-1に示すように、改質アスファルト施工区間の基層は、図-3の断面図のとおり橋梁中心と車道中心が異なる事による横断勾配調整のため施工厚の厚い区間が主体であることから耐流動性を考慮し、密粒度アスファルトコンクリート(20)、硬化性アスファルト施工区間の基層は鋼床版とのなじみが良く、剛性効果を期待できる細粒度アスファルトコンクリート(13F)とした。

各施工区間の延長及び舗装構成は図-4及び図-5のとおりである。

表-1 混合物の種類

表基層	バインダー	種類
基層	ポリファルトSS	密粒度アスコン(20)
	ODファルト	細粒度アスコン(13F)
	スピックファルト	
表層	ポリファルトSS	密粒度アスコン(13F)
	シノファルトI型	
	TR-100	
	ODファルト	
歩道	スピックファルト	細粒度アスコン(13)
	ストアス60~80	

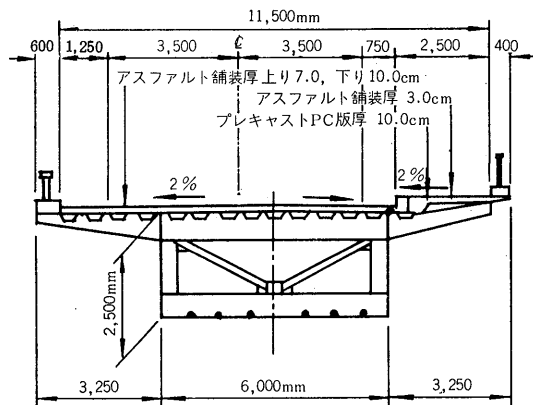


図-3 断面図(単位: mm)

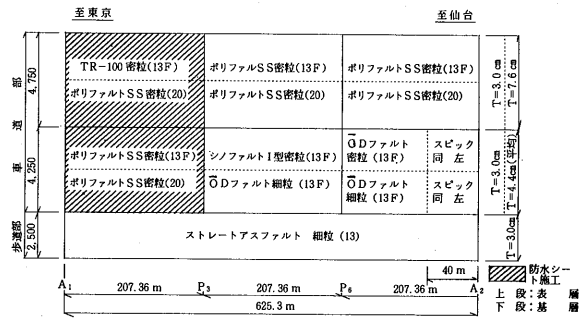
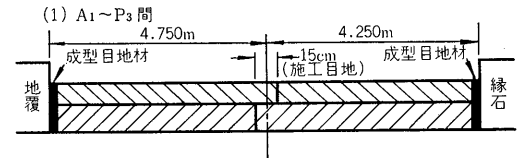
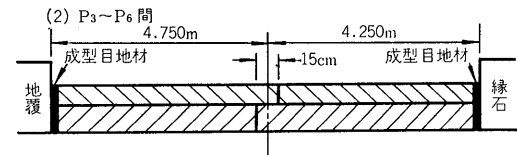


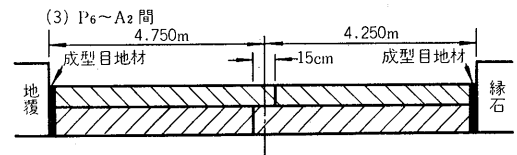
図-4 舗装工区割付け



	4,750m区間	4,250m区間
表層	TR-100-密粒度(13F) T=3.0cm	ポリファルトSS-密粒度 (13F) T=3.0cm
タックコート	カチオゾールGM 0.5ℓ/m ²	カチオゾールGM 0.5ℓ/m ²
基層	ポリファルトSS-密粒度 (20) T=7.0cm	ポリファルトSS-密粒度 (13F) T=4.0cm
防水シート	ラバソイドII型	ラバソイドII型
接着層	カチコートS 0.4ℓ/m ²	カチコートS 0.4ℓ/m ²
鋼床版	T=12mm	T=12mm



	ポリファルトSS-密粒度 (13F) T=3.0cm	シノファルトI型-密粒度 (13F) T=3.0cm
表層	ポリファルトSS-密粒度 (13F) T=3.0cm	シノファルトI型-密粒度 (13F) T=3.0cm
タックコート	カチオゾールGM 0.5ℓ/m ²	ボンドコート 0.5ℓ/m ²
基層	ポリファルトSS-密粒度 (20) T=7.0cm	ODファルト-細粒度 (13F) T=4.0cm
接着層	カチコートS 0.4ℓ/m ²	ボンドコート 0.5ℓ/m ²
鋼床版	T=12mm	T=12mm



	ポリファルトSS-密粒度 (13F) T=3.0	ODファルト・スピック -密粒度(13F) T=3.0cm
表層	ポリファルトSS-密粒度 (13F) T=3.0	ODファルト・スピック -密粒度(13F) T=3.0cm
タックコート	カチオゾールGM 0.5ℓ/m ²	ボンドコート・EP-30 0.5ℓ/m ²
基層	ポリファルトSS-密粒度 (20) T=7.0cm	ODファルト・スピック -細粒度(13F) T=4.0cm
接着層	カチコートS 0.4ℓ/m ²	ボンドコート・EP-30 0.5ℓ/m ²
鋼床版	T=12mm	T=12mm

図-5 車道部の舗装構成

3-2 配合設計

使用材料の性状等は、表-2及び3に示すとおりであるが、特に骨材については耐摩耗を考慮して、すりへり減量の少ない材料を調査のうえ選定した。

各バインダーの混入方法は、ポリファルトSSとシノファルトI型はプレミックス、TR-100はプラントミックスでアスファルト量の5%を用いた。

ODファルトは主剤（エポキシ樹脂）14.5%と副剤（硬化剤入りアスファルト）85.5%を混合して使用し、スピックファルトは主剤（エポキシ樹脂）41%と副剤（硬化剤）59%を混合のうえ、アスファルト量に対し重量比で40%使用した。

混合物の配合試験及び試験練りの結果は表-4及び5

のとおりであり、各混合物のマーシャル試験結果を見ると、硬化性アスファルト混合物は安定度が5000～6000kgと大きな値を示すとともに、フロー値が除荷後に回復するという性状が見うけられた。

本舗装工事に使用する各混合物毎のアスファルト量は表-5に示すとおりとした。

3-3 施工

本橋舗装の主要工種は、鋼床版下地処理、防水層、接着層、タックコート、舗設となっておりその施工工程は表-6のとおりである。

3-3-1 鋼床版下地処理

鋼床版上の舗装は、舗装体と鋼床版との付着度合が舗装体の疲労破壊に大きな影響を与えるため、付着の防げ

表-2 使用骨材の性状

材 料 名	5号砕石	6号砕石	7号砕石	スクリーニングス	粗 目 砂	細 目 砂	石 粉
産 地	福 島 県 相 馬 市	宮 城 県 岩 沼 市	宮 城 県 仙 台 新 港	宮 城 県 登 米 郡			
材 質	安 山 岩	洗 い 砂	海 砂	石 灰 石 粉			
粒 度 (%)	25	100					
	20	89.0	100				
	13	13.0	99.4	100			
	5	0.2	14.1	92.9	100		
	2.5		1.1	23.0	98.3	97.3	100
	0.6			4.7	38.5	68.4	92.9
	0.3				25.3	24.0	65.4
	0.15				17.9	2.7	7.9
比 重	0.074				14.8	0.2	0.6
	表 乾	2.977	2.967	2.921	2.820	2.591	2.520
	積	2.961	2.950	2.887	2.751	2.530	2.445
	見 掛 け	3.009	3.001	2.991	2.954	2.696	2.644
吸 水 量		0.54	0.57	1.21	2.50	2.44	3.08
ロサンゼルスすりへり減量		—	10.5	—	—	—	—
単 位 体 積 重 量		1.622	1.624	1.580	1.763	1.659	1.412

表-3 使用バインダーの性状

バインダーの種類		ストアス60～80		ポリファルトSS		シノファルトI型		ODファルト	スピック
項	目	試験値	規 格	試験値	規 格	試験値	規 格		
針 入 度 (1/100cm)		72	60～80	67	50～70	72	60～80	混合指定温度(℃)	混合指定温度(℃)
軟 化 点 (℃)		49.0	44.0～52.0	56.2	52.0～60.0	62.0	55～65	120	150
伸 度 (cm)		140	100以上	75	40以上	66	50以上	(100～120)	
三塩化エタン可溶分(%)		99.84	99.0以上	95.0	95以上			粘 度 (ボアズ)	粘 度 (C.P.S)
引 火 点 (℃)		300	260以上	300	280以上	310	280以上	10以下	主 剤 (60℃) 260
薄膜加熱試験	質量変化率(%)	0.04	0.6以下	0.04	0.3以下	0.03	0.3以下	(10以下)	副 剤 (60℃) 6
	針入度変化率(%)	45.3	55以下	82.0	65以上	83.3	65以上	引火点(主・副剤とも)	引火点
蒸発後の針入度比(%)		96	110以下	95	90以上			主 剤 256	主 剤 256
比 重 (25℃/25℃)		1.033	1.000以上	1.031	1.000以上	1.022	1.000以上	副 剤 266	副 剤 211
フラスコぜい化点(℃)		—	—	—	—	—16	—12以下	(混合温度+50℃以上)	
タフネス (kg-cm)		—	—	120.5	100以上	150	120以上	比 重	比 重
テナシティ (kg-cm)		—	—	63.7	50以上	107	100以上	主 剤 1.170	主 剤 1.148
灰 分 (%)		—	—	—	—	0.02	1.0以下	副 剤 1.032	副 剤 0.802
粘 度	60℃ (ボアズ)	—	—	—	—	9,560	4,000以上	(1.00～1.20)	
	160℃ (SFS)(sec)	67	—	370	—	320	500以下		
	180℃ (SFS)(sec)	35.5	—	—	—	—	—		
	200℃ (SFS)(sec)	—	—	100	—	145	200以下		

注) TR-100については、添加後の性状試験なし。

表-4 配合試験の結果

施 工 区 分		車 道 部 基 層				車 道 部 表 層			
混 合 物 の 種 類		密 粒 度 (20)		密 粒 度 (13 F)		密 粒 度 (13 F)			
バ イ ン ダ ー の 種 類		ポリファルトSS		ODファルト		ポリファルトSS		シノファルトI型	
5 号 砕 石		19.7		—		—		—	
6 号 砕 石		27.9		18.1		—		41.9	
7 号 砕 石		12.3		12.7		—		10.4	
ス ク リ ー ニ ン グ ス		14.2		25.1		—		10.3	
粗 目 砂		21.3		—		—		30.0	
細 目 砂		—		33.7		—		—	
石 粉		4.6		19.4		—		7.4	
ふ る い 目 25 mm		100		—		—		—	
20		98.9		100		—		100	
13		82.7		99.9		—		99.9	
5		55.5		83.6		—		63.3	
2.5		42.4		71.9		—		49.6	
0.6		25.0		52.0		—		32.4	
0.3		13.3		38.7		—		17.1	
0.15		7.4		16.9		—		9.5	
0.074		6.1		12.8		—		7.9	
最適バインダー量 (%)		5.5		7.8		7.9		6.1	
項 目		規 格		試 験 値		規 格		試 験 値	
マ シ ン		2.544		—		2.400		—	
シ ャ		3.7		3.5		3.7		3.5	
ル		79.0		75-85		83.0		75-85	
試 験		1,320		1,000以上		6,000		2,000以上	
性 状		30		20-40		49		31	
ホ イ ー ル ト ラ ッ キ ン グ		—		—		77		—	
試 験 (60℃ 6.4 kg/cm ²)		2,838		—		882		984	
曲 げ 試 験 (10℃)		5.26		5.36		3.69		5.25	
破 断 ひ ず み (×10 ⁻³)		—		—		—		—	
動 的 安 定 度 (回/mm)		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		2,506		2,502		3.6		3.5	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		79.0		80.0		6,000		2,000以上	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		34		29		67		60以上	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—		—		—		—	
規 格		—		—		—		—	
試 験 値		—							

表-5 試験練りの結果

施工区分	車道部基層		車道部表層	
	混合物の種類	密粒度(20)	細粒度	ODファルト
バインダ-の種類	ポリファルトSS	ポリファルトSS	ODファルト	スピック
	2ピン	18.0	—	—
	3 "	28.0	18.0	38.0
	4 "	12.0	11.0	13.0
	5 "	37.4	60.6	41.6
配合	石粉	4.6	10.4	7.4
	ふるい目25mm	100	—	—
ホット	20	98.7	100	100
	13	83.4	99.9	97.6
ピン	5	54.1	81.6	61.5
	2.5	42.8	70.4	49.7
合成	0.6	25.7	53.4	31.4
	0.3	16.3	35.8	21.7
粒度	0.15	8.8	18.1	12.6
	0.074	5.5	12.2	8.6
抽出アスファルト量(%)	5.58	6.13	6.10	6.56
	—	—	—	—
マ	試験値	規格	試験値	規格
	2.543	—	2.480	—
シャー	2.8	3-5	4.2	3-5
	78.2	75-85	77.8	75-85
試験	1.271	1,000以上	1,100	1,000以上
	35	20-40	34	20-40
決定アスファルト量(%)	5.5	8.0	6.1	6.3
	—	—	—	—
混合	試験値	規格	試験値	規格
	2.502	—	2.500	—
物性	3.8	3-5	3.6	3-5
	78.8	75-85	80.3	75-85
状	5,824	2,000以上	5,070	2,000以上
	32	20-40	33	20-40
決定アスファルト量(%)	5.8	6.1	6.1	5.8
	—	—	—	—

表-6 主要工種工程表

工種	月日	9/15	9/20	9/25	9/30	10/5
下地処理						
防水シート工						
接着層工						
基層工						
タックコート工						
表層工						

となる浮錆は除去しなければならない。

鋼床版は製作時にジンクリッチプライマーを塗布しているが、製作後2年程度経過したため、部分的に発錆が見受けられたので、発錆の著しい溶接部について表-7に示す機械等を使用し、ショットブラストを行った。

表-7 ケレン用機械

床版面の状態	浮錆発生部分	
整備程度	1種ケレン	
作業方法 および 施工機械	ブラスト法	
	ブラスト ラック SMB-600F	ブラスト ラック SMB-200F
処理幅 (mm)	120	550
集塵機	UDC-46PB	UDC-34PB
セット数	1	2

施工方法は、鋼床版上のごみ等の有害物を取除きブラストラックで発錆部分に平均粒径1.4mmの鋼球を空気圧4~6kg/cm²で噴射し、その衝撃力で錆を除去するとともに、鋼球は集塵機により回収のうえ再使用した。

ブラストされた面は微粒子や飛散した鋼球が残っているため、コンプレッサーを用いて清掃を行い、金属面の露出した良好な状態にし、直ちにジンクリッチプライマーを塗布した。

3-3-2 防水層

防水層は鋼床版の腐食防止のため設ける遮水層であるが、本橋では表-8に示す防水シート（ラバソイドⅡ型）を用いて、改質アスファルト施工区間のうちA₁~P₃間に試験的に施工したものである。

表-8 防水シートの性状

試験項目		性状	規格
厚さ	(mm)	1.6	1.5±0.2
単位重量	(g/m ²)	1,677	1,500以上
引張り強さ (kg/cm)	長手方向	11.2	10以上
	幅方向	9.4	8以上
最大荷重時の伸び率(%)	長手方向	43.8	10~80
	幅方向	46.2	10~80
低温可撓性 (-10℃)	長手方向	合格	5個中4個以上
	幅方向	合格	"
吸水膨張 (50℃・72h(%))	長手方向	-0.17	±1.0
	幅方向	+0.22	±1.0
加熱収縮 (180℃, 30分(%))	長手方向	-0.96	±2.0
	幅方向	-0.88	±2.0

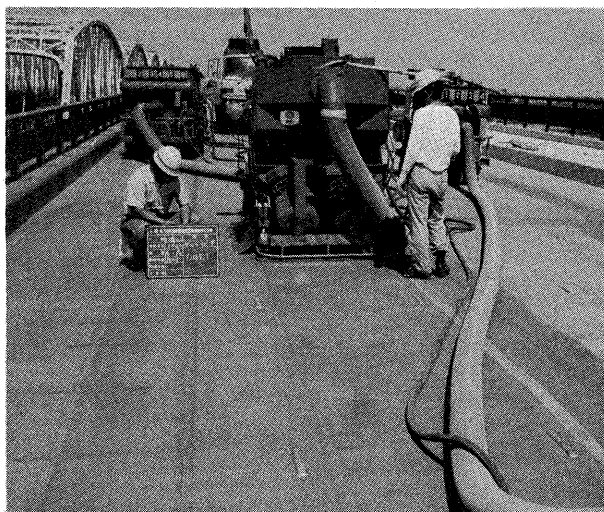


写真-2 鋼球ブラストによる1種ケレン作業

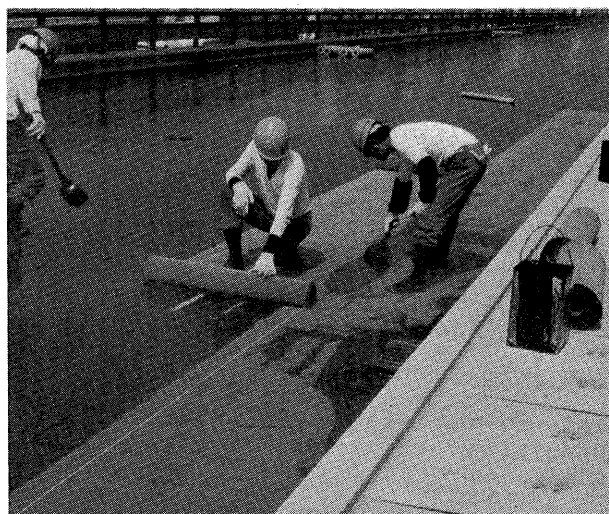


写真-3 防水層（一部試験施工）の貼付作業

防水シートの貼付け方法は、橋軸方向に平行とし貼付け用アスファルトを用いて空隙ができないように鋼床版面に入念に押しつけながら施工を行った。

又、防水シートの重ね幅は10cm程度とした。

3-3-3 接着層

接着層は鋼床版と舗装が一体となって変形するよう設ける層であるが、その使用材料及び施工方法は基層に用いた混合物の種類により次のとおりとした。

1) 改質アスファルトコンクリート施工区間

カチコートSを最初0.2ℓ/m²を橋軸と直角方向に塗布し、乾燥後（約3時間）同じく0.2ℓ/m²を橋軸と直角方向に塗布した。

2) 硬化性アスファルトコンクリート施工区間

a) ODファルト使用区間

主剤（エポキシ樹脂）と副剤（硬化剤入りアスファルト）を別々のタンクで約150℃に加熱のうえ3連式スターティックミキサーで混合し、ディストリビューターで0.5 l/㎡を散布した。

b) スピックファルト使用区間

溶剤型エポキシ樹脂（EP-30）を0.5 l/㎡塗布した。

又、施工に際しては改質アスファルトコンクリートと硬化性アスファルトコンクリート施工区間の接する部分については、カチコートSがみださないようにガムテープで保護した。



写真-4 改質アスコン施工区間の接着層塗布



写真-5 硬化性アスコン施工区間の接着層散布



写真-6 硬化性アスコン施工区間のタックコート

3-3-4 タックコート

タックコートの使用材料及び施工方法は、基層に用いた混合物の種類により次のとおりとした。

1) 改質アスファルトコンクリート施工区間

カチオゾールGMをエンジンスプレーヤーで0.5 l/㎡散布した。

2) 硬化性アスファルトコンクリート施工区間

ODファルト使用区間、スピックファルト使用区間共、接着層と同じ方法で行なった。

3-3-5 舗設

硬化性アスファルトコンクリート及び改質アスファルトコンクリートの舗設は一般のアスファルトコンクリート舗設と同じであるが、施工に際し配慮した点は次のとおりである。

1) 混合物の可使時間（90分）に制約がある硬化性アスファルトコンクリートを使用するため、運搬時間約10分の近距離にあるアスファルトプラントを選定した。

2) 気温による混合物の温度低下を防ぐため、過去5カ年間の時間毎の気温を調査のうえ、気温の高い（15℃以上）時間帯（9時～17時）で施工を行った。

3) 転圧は、敷ならし後直ちにマカダムローラで一次転圧し、タイヤローラで二次転圧を行い、大型機械による締固めができない箇所は、小型振動ローラ、タンパーで十分締固めを行った。

3-4 施工管理

3-4-1 品質管理



写真-7 基層の舗設



写真-8 表層の舗設

表-9 混合物の品質管理試験結果

施工区分		車道部基層			車道部表層				
混合物の種類		密粒度(20)	細粒度(13F)		密粒度(13F)				
バインダーの種類		ポリファ ルトSS	ODファルト	スピック	ポリファ ルトSS	シノファ ルトI型	TR-100	ODファルト	スピック
ホット ビン 合成 (%)	ふるい目 25mm	100							
	20	98.8	100				100		
	13	81.7	99.7				99.3		
	5	54.0	82.4				61.6		
	2.5	43.0	71.2				49.0		
	0.6	27.0	56.4				32.7		
	0.3	14.0	38.4				21.3		
	0.15	7.7	17.3				12.2		
	0.074	5.2	11.7				8.0		
抽出アスファルト量(%)		5.56	—	—	6.10	6.00	6.59	—	—
マ ー シ ャ ル 試 験	密度(g/cm ³)	2.540	2.378	2.382	2.482	2.485	2.483	2.490	2.497
	空隙率(%)	3.9	4.2	3.9	4.2	4.1	3.8	4.0	4.0
	飽和度(%)	77.7	81.3	82.6	78.0	78.1	79.8	78.5	77.8
	安定度(kg)	1,270	5,655	6,266	1,121	1,088	1,067	5,928	5,603
温 度 管 理 (℃)	フロー値(1/100cm)	33	51	52	35	33	37	34	35
	出荷温度	173	124	158	171	184	181	126	170
	到着時温度	169	122	153	168	176	177	125	168
	敷きならし後温度	158	115	151	157	168	164	115	158
	初期転圧温度	152	108	143	148	162	149	106	150
	二次転圧温度	140	96	134	136	149	135	98	142
すべり抵抗値(BPN)		—	—	—	70	69	69	72	76

混合物の品質管理試験結果は表-9に示すように、各混合物とも室内試験及び試験練りで得られた結果と同程度の数値であった。

3-4-2 出来形管理

舗装厚の出来形管理は、切り取りコアによることが原則であるが、コアの採取時にコアカッターの刃先で鋼床版を損傷するおそれがあるため、レベルによる厚さの管理を行った。

測定結果は表-10に示すように、すべて許容値を満足していた。

表-10 出来形管理の結果

表基層	上下線	設計厚(cm)	n	最大値	最小値	平均値	標準偏差	縦断凹凸量(mm)
基 層	上	4.0	62	5.6	3.5	4.4	0.42	—
	下	7.6	62	10.5	7.1	7.8	0.53	
表 層	全 線	3.0	186	6.0	2.6	3.6	0.66	1.30<1.80

4. 試験調査

阿武隈橋では、昭和56年10月完成以来、鋼床版に対して耐久性のある混合物を見出す事を目的として、各種試験調査を実施しているが、ここでは縦横断凹凸量、すべり抵抗値、目視観測について記すものである。

4-1 縦横断凹凸量

昭和56年10月から昭和58年10月まで2年間の縦横断凹凸量の測定結果は表-11に、施工直後をゼロとした横断凹凸量の経年変化は図-6に示すとおりである。

横断凹凸量の2年間の経年変化をバインダーの種類別にみると、改質アスファルトコンクリートのTR-100が8.1mm、ポリファルトSSが7.6mm、シノファルトI型が7.0mmであり、これらの平均値が7.6mmとなっている。

一方硬化性アスファルトコンクリートのODファルトが7.4mm、スピックファルトが8.4mmと平均値で7.9mmとなっており、バインダーの種類別の差が殆んどみられないが、一般部のストレートアスファルト区間は14.2

mmと橋梁部の約2倍となっている。

橋梁部と一般部では条件が異なるので単純に比較することはできないが、一般部が他の路面調査結果とほぼ同じ傾向を示している事からみると、橋梁部の改質アスファルトコンクリート及び硬化性アスファルトコンクリートは横断凹凸量が非常に小さい事が注目される。

縦断凹凸量の最初の一年間における、最大値と最小値の差の平均値($\bar{x}$)をバインダーの種類別にみるとTR-100が0.7mm、ポリファルトSSが0.7mm、シノファルトI型が1.0mm、ODファルトが0.7mm、と殆んど差がないのに対し、スピックファルトが1.9mm、一般部のストレートアスファルトが2.3mmと大きくなっている。

その後、橋梁部は安定しているが、一般部は夏に路面が平滑になって冬期にスパイクタイヤ等により凹凸量が大きくなる傾向を示している。

4-2 すべり抵抗値

ポータブルテスタによる2年間のすべり抵抗値の経年変化は表-12に示すとおりである。

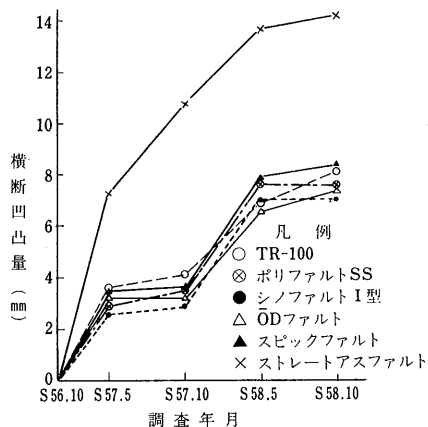


図-6 横断凹凸量の経年変化

表-12 すべり抵抗値の経年変化

	混合物の種類	バインダーの種類	すべり抵抗値 (BPN)				
			S. 56.10	S. 57.5	S. 57.10	S. 58.5	S. 58.10
橋梁部	改質アスコン (密粒度アスコン13F)	TS-100	69	67	63	67	58
		ポリファルトSS	70	67	61	69	56
		シノファルトI型	69	68	62	71	57
	硬化性アスコン (密粒度アスコン13F)	ODファルト	72	67	62	72	57
		スピックファルト	76	69	63	77	58
		平均	71	68	62	71	57
一般部	⑤ 密粒度20F	ストレート60~80	—	67	59	73	56

表-11 縦横断凹凸量測定結果

	混合物の種類	バインダーの種類	横断凹凸量 (mm)					縦断凹凸量 (mm)									
			S. 56.10	S. 57.5	S. 57.10	S. 58.5	S. 58.10	S 56.10		S 57.5		S 57.10		S 58.5		S 58.10	
								$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
橋梁部	改質アスコン (密粒度アスコン13F)	TR-100	1.8	5.4	5.9	8.7	9.9	4.1	1.42	4.7	1.64	4.8	1.69	4.8	1.70	4.2	1.47
		ポリファルトSS	1.8	4.7	5.3	9.4	9.4	3.2	1.12	3.7	1.31	3.9	1.37	3.9	1.38	3.7	1.31
		シノファルトI型	2.2	4.8	5.1	9.2	9.2	3.1	1.09	3.9	1.38	4.1	1.45	3.8	1.34	4.4	1.53
	硬化性アスコン (密粒度アスコン13F)	ODファルト	1.7	4.9	4.9	8.3	9.1	3.4	1.19	4.2	1.46	4.1	1.45	4.5	1.59	4.7	1.63
		スピックファルト	2.1	5.6	5.7	10.0	10.5	2.5	0.89	3.5	1.24	4.4	1.53	4.5	1.58	4.6	1.60
		平均	1.9	5.1	5.4	9.1	9.6	3.3	1.14	4.0	1.41	4.3	1.50	4.3	1.52	4.3	1.51
一般部	⑤ 密粒度20F	ストレート60~80	1.7	9.0	12.5	15.4	15.9	4.7	1.65	6.3	2.22	7.0	2.45	6.2	2.19	6.7	2.34

* $\bar{x}$ は最大と最小の差の平均値、 σ は標準偏差を示す。

すべり抵抗値は、バインダーの種類により多少の差はあるが、平均値でみた場合、橋梁部は舗装直後の71から68, 62, 71, 57と変化し、一般部は67, 59, 73, 56と変化しており、橋梁部と一般部では差がみられず、冬期に高く、夏期に低くなる一般部的傾向を示している。

一般には樹脂などを添加した半剛性的混合物は、冬期間のスパイクタイヤ等によりモルタル分が摩耗しても夏期には平滑になりにくいとされているが、今回のすべり抵抗値からみると、ストレートアスファルトより差は少ないものの、5月測定値より10月測定値の方が小さくなっており、このことは夏期におけるモルタル分のブリージング現象が樹脂を添加しても多少あるように思われるので今後の調査に注目したい。

4-3 目視観測

昭和57年5月の目視観測で、TR-100使用の改質アスファルトコンクリート区間において、図-7に示すように応力集中部であるブラケット取付部の箱桁腹板上の

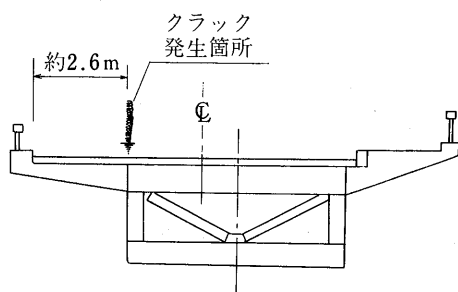


図-7 クラック発生位置図

表層にクラックの発生が確認され、これまで巾0.2～2.7mmの線状クラックが23カ所発生している。

又、昭和58年10月の観測で、ポリファルトSS使用区間においても1箇所のクラック発生が確認されている。

クラックは、繰返し曲げ作用を受ける舗装体が抵抗できずに発生したものと思われ、伸びに対する追従性が少なく、動的安定度の大きくなるバインダーを使用したものが早くクラックが発生している。

5. おわりに

阿武隈橋の橋面舗装は施工後2年半を経過し、重交通下における冬季のスパイクタイヤによる摩耗、夏季の高温時における流動を経験した訳であるが、試験調査で述べたように、箱桁腹板上の表層に一部クラックの発生がみられるものの路面は良好な状態を保持しているが、今後更に東北技術事務所の協力を得て、縦横断凹凸量、すべり抵抗値の測定及び目視観測の追跡調査を昭和61年度まで実施し、今後の鋼床版舗装に対する資料を得る計画である。

終りに、本舗装の施工にあたってご協力いただいた建設省土木研究所飯島舗装研究室長、小島研究員はか関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献 資料

東北地方建設局：昭和57年度（第34回）管内技術研究発表会論文集

東北技術事務所：昭和58年度技術管理業務の成果概要

建設図書：阿武隈橋の舗装（「舗装」VOL. 17, NO. 11 1982）

石油学会製品部会討論会開催案内

開催日時：昭和59年10月18日（木）9：10～16：50

19日（金）9：00～17：00

開催場所：発明会館ホール（東京都港区虎ノ門2-9-14）

問い合わせ先：〒171 東京都豊島区西池袋3-27-12

社団法人 石油学会

TEL 03-988-2961

「アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議（５）」

研究グループの報告はこれで17回目になる。何の報酬も期待できない勉強会が、よくまあつづけないで続いているものだと思う。今回の担当者である大坪君は、入会してすでに6年目、毎回栃木県の小山から通ってきている。入会当時は最年少で、たどたどしい発表を行っていた彼も今では研究グループの中堅となり、本欄の担当者として推薦されるまでに成長した。

研究グループの例会では、これまで「第5回アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議」の論文を読んできたが、6月で終了し、現在は「Pavement Management Systems (by Haas and Hudson)」にとりかかっている。この本はすでに4年ほど前に読み終えているが、今回、あらためて「舗装管理システム」をテーマにとりあげるこ

とになり、その勉強方法を議論したところ、同書を読んでいる人が半分以上にものぼることを知って世代の移りかわりにおどろいた。すなわち、同書を読んだ当時のメンバーは、今では研究グループの老人組に属しており、年々、少数派になりつつあるということである。そのため、また基本から勉強しなおそうということで意見が一致し、同書を再度読むことになった。ただ、読み方は、字句を追わずに、研究的な討議を主とすることになる。各章の要約発表は、すべて若者組が担当することになった。ここで興味深いのは、老人組の前のレポートがまだ保存してあったことである。若者組はこれを参考資料として使用しない方針をとっている。両方のレポートを比較して点数をつけたら……。今後の展開が楽しみである。（阿部頼政）

アスファルト舗装技術研究グループ

阿 部 頼 政	日本大学理工学部土木工学科	滝 瀬 穰	日本大学理工学部土木工学科
秋 本 隆	日産化学工業㈱業務技術課	竹 田 敏 憲	東京都第二建設事務所
阿 部 忠 行	東京都第二建設事務所	田 中 輝 栄	東京都土木技術研究所
荒 井 孝 雄	日本舗道㈱技術研究所	谷 口 豊 明	大林道路㈱技術研究所
安 崎 裕	建設省大臣官房技術調査室	丹 羽 和 裕	㈱パスコ道路調査部
飯 田 章 夫	日本道路公団名古屋建設局企画調査課	栃 木 博	日本道路公団試験所土工試験室
池 田 拓 哉	建設省土木研究所舗装研究室	中 村 州 章	日本道路公団試験所舗装試験室
井 上 武 美	日本舗道㈱技術研究所	西 沢 典 夫	大成道路㈱技術研究所
大久保 高 秀	首都高速道路公団湾岸線設計課	野 村 健一郎	大成道路㈱技術研究所
太 田 健 二	日産化学工業㈱技術課	野 村 敏 明	日産化学工業㈱技術研究所
大 坪 義 治	日産化学工業㈱関東営業所	林 誠 之	日本石油㈱中央技術研究所
亀 田 昭 一	日本大学理工学部土木工学科	八 谷 好 高	運輸省港湾技術研究所滑走路研究室
栢 野 宏	日本大学理工学部土木工学科	羽 山 高 義	日本舗道㈱工事開発部
古 財 武 久	大成道路㈱技術研究所	姫 野 賢 治	東京工業大学工学部土木工学科
児 玉 充 生	シェル石油㈱技術研究所	福 手 勤	運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所
佐 藤 喜 久	鹿島道路㈱東京支店技術部	吉 川 文 夫	日産化学工業㈱技術研究所
東海林 更二郎	日本舗道㈱工事開発部	吉 村 啓 之	前田道路㈱技術研究所
田 井 文 夫	日本道路㈱技術研究所		

セッションⅣ：舗装管理システム

大坪 義治*

まえがき

セッションⅣには9編の論文が報告されている。これらの論文は、各国の州や市などで開発された舗装管理システムの概要が説明されており、特に舗装の維持修繕計画のシステム化（舗装維持管理システム）が主題になっている。

維持管理システムの基本的な構成はおおまかに図-1のように考えられる¹⁰⁾。

- (1) まず第1に管理する道路網の舗装の状態を調査し把握する。……（調査システム）
- (2) 次に、現在の状態を基に将来の状態を予測する。……（供用性モデル）
- (3) 管理水準、予算水準に基づいて最適な維持修繕計画を立案する。……（維持管理手法）

本セッションの論文を紹介するにあたり、図-1を参考に次のように区分し、以下に論文内容を紹介する。

- ① 調査を主とした内容のもの……3編（北アイルランド・イギリス・アムステルダム）
- ② 供用性モデルの開発を主とした内容のもの……3編（ブラジル・アメリカ森林協会・オランダ）
- ③ 維持管理手法を主とした内容のもの……3編（ワシントン州・アリゾナ州・カナダ）

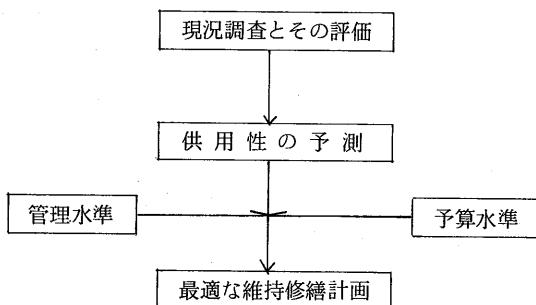


図-1 維持修繕計画の基本的な概念

1 調査を主とした内容のもの

1-1 北アイルランド³⁾

これまでの舗装の維持管理は技術者の視察と経験によって、その都度、維持修繕工法が選定されていたが、近年の交通量の増大による破損の増加、財政上の問題などで主観的な方法では対処しきれない状態になった。そのため、北アイルランド環境省道路局は、1970年に発表された通称「マーシャルレポート」¹¹⁾の提言を受け、クイーン大学との共同で維持管理システムの検討を開始した。

本システムは、イギリスのCity Engineer Groupが開発したMARCHシステムを一部修正したもので、その構成は図-2に示すとおりである。

- (1) 道路網を約3kmの区間に分割し、各区分で視察による路面性状データ（わだち掘れ、ひびわれなど）と道路特性データ（巾員・勾配・歩道など）をファイルする。
- (2) マーシャルレポートの維持修繕基準に従って改善

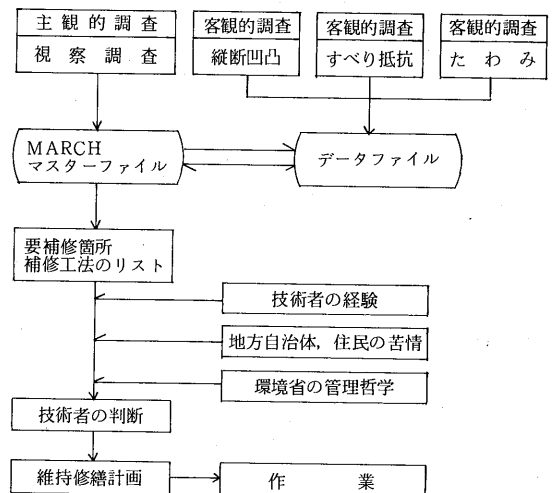


図-2 北アイルランド（環境省）の舗装維持管理システム

*おおつば よしはる 日瀝化学工業㈱関東営業所

すべき箇所（要補修箇所）を抽出する。

(3) 抽出された箇所について技術的調査を実施する。

- ① わだち掘れ
- ② ひびわれ
- ③ 縦断凹凸 (Bump Integrater)
- ④ たわみと曲率 (デフレクトグラフ)

(4) 表-1の基準に従って路面性状を総合的に評価し、対応する工法を選定する。その一例を表-2に示す。

1-2 イギリス⁷⁾

イギリスでは1970年のマーシャルレポートの提言を受けTRRLによって舗装の評価方法と維持修繕工法の検討システム (CHART システム, Computer Highway Assesment Rating Treatment) が開発された。

本論文はCHARTの概要と路面性状の新しい測定技術の開発について述べている。

(1) CHART システム

本システムは次の2つのサブシステムより構成さ

れる。

① 視察調査と記録

② 調査データの電算処理

- イ. 路面性状の評価と維持修繕工法
- ロ. 結果の出力

(2) 視察調査と記録

道路管理者の種々の要望に答えるよう次の11種類の路面性状について調査する。

- ① わだち掘れ
- ② ひびわれ
- ③ 車道部全体の大きな破損
- ④ 車道部全体の小さな破損
- ⑤ 逆勾配
- ⑥ 舗装端部の破損
- ⑦ 排水
- ⑧ パッチング
- ⑨ 歩道部の破損
- ⑩ 縁石の破損
- ⑪ 縁石の高さ

表-1 路面性状の評価基準

項 目	評 価 基 準			摘 用		備 考
	安 全 (+)	限 界 (0)	危 険 (-)	道 路 種 別	舗 装 種 別	
わだち掘れ	0 - 9 mm	10 - 19 mm	> 20 mm	すべて	すべて	TRR550 に準拠
ひびわれ	限界以下	わだち部の1/2巾を占めるひびわれと縦ひびわれ	限界以上	すべて	すべて	
縦断凹凸 Bump Integrater (r-値)	限界以下	284 - 347 cm/km	限界以上	幹線道路	すべて	マーシャル レポートに 準拠
		316 - 279 cm/km		地方道路		
		No limit		その他		
たわみ	残余寿命 > 設計寿命	残余寿命 = 0.3 ~ 1.0 × 設計寿命	残余寿命 < 0.3 × 設計寿命	すべて	粒状盤 歴青盤	TRRL 833 に準拠

表-2 路面性状の総合評価と維持修繕工法の一例

項 目					破損の原因	作 業			破損コード
たわみ	曲率	縦断凹凸	わだち掘れ	ひびわれ		試 験	調 査	維持修繕	
+	+	+	+	+	-	-	-	-	A
+	+	0	+	+	排水	わだち掘れ たわみ	排水	-	A
+	0	+	+	0	表層の品質	-	コア採取	薄層・表面処理	B
+	+	-	0	+	排水 アスファルト過多	わだち掘れ	コア採取 排水	オーバーレイ	B
0	-	0	0	0	構造的欠陥	-	コア採取 トレンチカット	打換え	D

(+) : 安全 (0) : 限界 (-) : 危険

これらのデータの記録方法は、以前は台帳記入やパンチングによっていたが、現在ではコンピュータの発達により直接電算に転送できるシステムになっている。

(3) 電算処理

CHART は次の部分から成っている。

① 入力

入力データは、破損データ、道路特性、舗装の構造特性がある。

② 評価

破損の形態により点数で評価する。

③ 要補修箇所抽出と維持修繕工法

評価点と維持修繕基準から要補修箇所を抽出し、打換え、オーバーレイ、表面処理を選定する。

(TRRL 550 に準拠)

④ 出力

結果の出力は次の5つの様式をとっている。

イ. Map CHART ……破損の形状・位置図

ロ. Section CHART ……舗装の断面図

ハ. Sub-Section CHART ……破損の評価と工法リスト

ニ. Treatment Length CHART ……要補修区間リスト

ホ. Histogram CHART…破損の評価と対応する工法のヒストグラム

ここで、出力の様式については、本誌No.135に岡村が同様な表、図を示しているので参考になる¹²⁾。

(4) 測定技術の開発

CHART システムは、当初視察調査を主として開発されたが、維持管理のデータとしては不十分であるため、最近では、たわみ（デフレクトグラフ）、すべり抵抗（SCRIM）、縦断凹凸（TRRL ハイスピードプロフィールメータ）などの客観的な調査データを導入した新しいシステムとして検討されている。

1-3 アムステルダム市¹⁴⁾

アムステルダム市では、1975年にデータバンクを作成し、1978年、データバンクを利用した維持管理システムの開発に着手している。

(1) 維持管理システム

本システムはまだ開発段階である。そのフローを図-3に示す。

- ① 市内の道路網を約6300街区（1街区は100～250 m）に分割し、各街区について定期的に視察調査

(P.V.I) を実施する。この結果より全街区の供用性を把握するとともに、各街区を良好な街区と要注意街区に分類する。

- ② 要注意街区について詳細な視察調査 (E.V.I) と技術的な補足調査（必要な場合）を実施する。この結果より不良街区を抽出する。

- ③ 不良街区について技術的観点から維持修繕工法を選定する。

- ④ さらに、道路勾配の修正や地下埋設工事などとの調整を図り、最終的な工法を決定する。

- ⑤ 財政、政策の両面から施工時期を計画する。

(2) 定期視察調査

定期視察調査は、車道部、歩道部について破損の分類とその程度を路面評価表に記入する方式になっており、2年に1回、21名の出張所員が行なう。

破損のタイプは次の4つのカテゴリーに分類される。

- ① 表面の破損……摩耗、フラッシュ、など
- ② ひびわれ……亀甲状、ジョイントなど
- ③ 変形……わだち掘れ、局部沈下
- ④ その他……平坦性、など

破損の程度は次の2段階に区分される。

- ① 軽微な破損……5～6年は修繕を要しない破損
- ② 重大な破損……5～6年までに修繕を要する破損

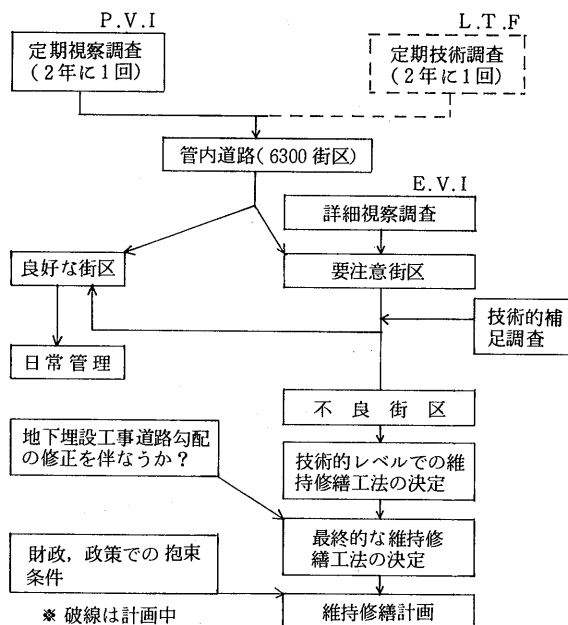


図-3 アムステルダム市の舗装維持管理システム

(3) 詳細視察調査

詳細視察調査は定期視察調査と同じように行なわれる。わだち掘れとひびわれについては簡単な道具を用いている。

技術的補足調査では、縦断凹凸、すべり抵抗、たわみを考えている。これらについては将来、自動的な測定器機が開発された時点で導入するようである。

2 併用性モデルの開発を主とした内容のもの

2-1 ブラジル²⁾

合理的な舗装の構造設計、維持修繕計画を行なうためには、将来の供用性を予測することは不可欠である。従来、ブラジルでは、ヨーロッパやアメリカで開発された供用性モデルに依存していた。しかし、これらは必ずしもブラジルの諸条件に適合するものではなかった。そのため、1975年、テキサス大学との共同で、独自の供用性モデルの開発に着手し、さらに、これを利用した舗装管理システムを検討している。

供用性モデルとしては、調査データによる経験式と構造解析に基づく理論式を求めている。

(1) 調査

供用している道路からブラジルの諸条件を代表するような63箇所を選定し、供用性に影響すると考えられる10種の要因と、供用性を表わす3種の路面性状について1976～77年の間調査している。

供用性に影響する調査項目は次のとおりである。

- ① 表層のタイプ (アスコン、表面処理)
- ② 路盤のタイプ
- ③ 日平均交通量
- ④ 道路勾配
- ⑤ 建設またはオーバーレイ後の供用年数
- ⑥ オーバーレイの有無
- ⑦ 80KN換算累積軸数
- ⑧ たわみ (ベンケルマンビーム)
- ⑨ たわみとたわみ形状 (ダイナフレクト)
- ⑩ 舗装厚指数 (SN)

供用性を表わす路面性状に関する調査項目は次のとおりである。

- ① 縦断凹凸……Mays Meter, SD Profilometerで測定し QI (Quarter Car Index: count/km) を求める。
- ② ひびわれ……測定方法は明記されていない。評価は、パッチング面積を含めたひびわれ率としている。

- ③ わだち掘れ……1.22m定規で測定し、最大わだち掘れ量を求めている。

(2) 解析

現場の調査データを基に、従属変数として縦断凹凸 (QI)、ひびわれ発生までの累積軸数 (N)、ひびわれ率 (CR) を選定し、統計的手法により表-3のような回帰式を求めている。式中のSNCは修正舗装厚指数と呼ばれ、次式で表わされる。これは、各現場で路床CBRが異なっているため、同一レベルで扱えるようにした補正式である。

$$SNC = SN + 3.51 \log CBR - 0.85 (\log CBR)^2 - 1.43 \quad \dots\dots\dots(1)$$

SN: $\sum a_i \cdot t_i$

a_i : 舗装各層の相対強度係数

t_i : 舗装各層の厚さ

CBR: 路床CBR

また、構造解析により計算される舗装体内の応力、ひずみ、たわみを用いて同様に回帰式を求めている。その結果を表-4に示す。なお、1つの従属変数について数種の回帰式を求めているが、ここではその一例を示す。

表-3 供用性モデル (経験式)

得られた回帰式	R ²	標準誤差
LQI = 1.478 - 0.1383RH + 0.00795 AGE + 0.0224 (LN/SNC) ²	0.26	0.13
LN = 1.205 + 5.96 log SNC	0.52	10.22
CR = -57.7 + 53.5 LN/SNC + 0.313 AGE + N	0.34	17.12

表-4 供用性モデル (理論式)

得られた回帰式	R ²	標準誤差
LQI = 1.426 + 0.01117 AGE - 0.1505 RH + 0.001671 VSN3 × LN	0.25	0.14
LN = 6.87 - 1.970 log VSN1	0.31	0.59
CR = -8.70 + 0.258 HST1 × LN + 1.006 × 10 ⁻⁷ HST1 × N	0.50	15.40

ここに

- LQI : log₁₀ QI
- QI : Quarter-Car index (Counts/km)
- RH : 新設の場合は0
オーバーレイの場合は1
- AGE : 新設またはオーバーレイ後の供用年数
- LN : log₁₀ N
- N : 80KN換算累積軸数
- SNC : 修正舗装厚指数
- CR : ひびわれ率
- VSN1 : アスコン層下面の垂直圧縮ひずみ
- VSN3 : 路床上面の垂直圧縮ひずみ
- HST1 : アスコン層下面の水平引張り応力

(3) 舗装設計サブシステムの開発

ブラジルでは、Haas, Hudsonが開発した SAMP (Systems Aralgsis Method for Pavements) を参考にして、独自の供用性モデルと舗装の建設コストを組み入れた舗装設計サブシステム (PDSS: Pavement Design Subsystem) を開発している。そのシステムフローを図-4に示す。

入力データは次の12項目があり、()内はその一例である。

- ① 舗装各層の最大最小厚
- ② 初期交通量と伸び率
- ③ 路床 CBR (20%)
- ④ 割引率 (Discount Cost: 10%/年)
- ⑤ 許容ひびわれ率 (CR = 15%)
- ⑥ 許容縦断凹凸量 (QI = 60 Counts/km)
- ⑦ オーバーレイまでの最小寿命 (5年)
- ⑧ 解析期間 (15年)
- ⑨ オーバーレイ後の最小寿命 (4年)
- ⑩ 最大初期建設費 (10ドル/㎡)
- ⑪ 最大舗装厚 (オーバーレイを含む: 100cm)
- ⑫ 舗装各層の建設費

先ず初期値として、最大最小厚の範囲内で各層とも

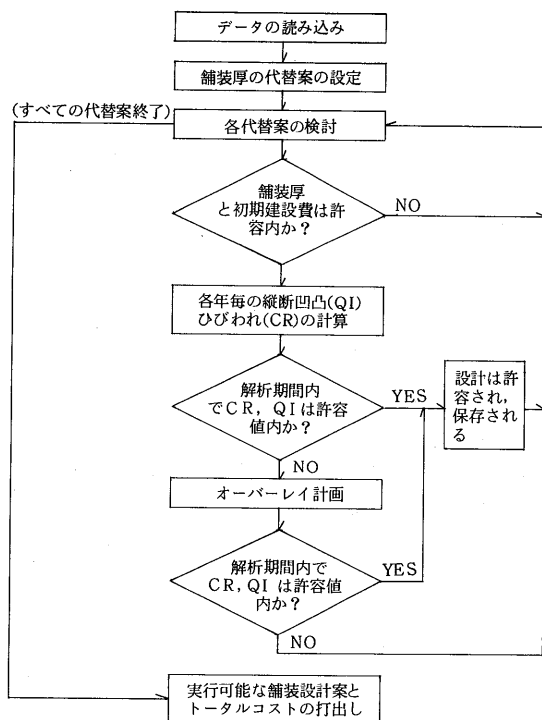


図-4 ブラジルにおける舗装設計サブシステム

5組の厚さを設定する。供用性モデルにより、CR, QI を1年ごとに計算する。これらが解析期間内で許容値に達すれば、5回までのオーバーレイがセットされる。オーバーレイ後の舗装厚指数はひびわれによる破損を考慮し次式で計算される。

$$SN_{ov} = OPDF \times SNC + Sov \times Tov \dots\dots\dots(2)$$

SN_{ov} : オーバーレイ後の舗装厚指数

SNC : オーバーレイ前の舗装厚指数

OPDF : 低下係数 (0.95)

Sov : オーバーレイ層の相対強度係数

Tov : オーバーレイ層の厚さ

結果としては、適切な舗装の構造設計、初期建設費トータルコスト、オーバーレイの時期とその厚さ、供用性の経年変化が出力される。

本システムは、ステージコンストラクションにも利用される。今後、利用者費用を導入する計画である。

2-2 アメリカ森林協会⁶⁾

アメリカ森林協会は約42万kmの道路を管理している。道路の多くは軽交通であるが、これらを合理的に管理するため、1972年、テキサス大学との共同で舗装構造設計サブシステムを開発した。さらに、1977~1979年、舗装の材料特性と交通量の季節変動を考慮した供用性モデルを導入し、維持修繕計画まで含めた新しい舗装設計管理システム (PDMS: Pavement Design and Management System) を開発している。

(1) 供用性モデルの開発

供用性モデルは、AASHO 道路試験の結果と非線形弾性理論による応力特性を用いた回帰式である。供用性を表わす指標は一般に PSI が知られているが、ここでは次のような変数を考えている。

$$P_v = \Delta PSI / \Delta TRAFFIC \dots\dots\dots(3)$$

P_v : 供用性変動指数 (Performance Variable)

ΔPSI : シーズン中の PSI の変化

ΔTRAFFIC : シーズン中の累積交通量の変化

これはシーズン中の累積交通量の増加に対する供用性の低下度合を表わしている。表-5に得られた回帰式を示す。応力特性は Finn らが示したレジリエントモデュラスを用いて舗装をシーズンごとにモデル化し、改訂 BISAR で計算して得られる。

供用性モデルの特徴は次のとおりである。

- ① シーズンごとに PSI の変化が計算できるので、シーズンによる供用性の変動が把握される。

表-5 供用性モデル

$\sqrt{\frac{\Delta P S I}{\Delta T R A F F I C}}$	$=1.751(C)+5.772 \times 10^{-4}(I)+1.264 \times 10^1(D * C)$ (フルデプス)
	$-8.946 \times 10^1(J * 11)^2+1.715 \times 10^4(H)^3$
	$+1.677 \times 10^{-3}\{\log _{10}((5.0-L)/(M+1))\}+8.449 \times 10^{-3}$
$\sqrt{\frac{\Delta P S I}{\Delta T R A F F I C}}$	$=1.054 \times 10^{-4}+0.9763\{-4.168 \times 10^{-4}(K)-9.951(B)$ (その他)
	$+2.941 \times 10^{-1}(A * C)-6.919 \times 10^{-1}(D * E)$
	$+2.922(J * F)-3.630 \times 10^{-6}(\sqrt{M})$
	$-1.985 \times 10^1(J * H)^2+6.037 \times 10^{-3}((5.0-L)/(M+1))$
	$+3.785 \times 10^{-4}(J)^2+9.849 \times 10^1(I * G)^2+4.050 \times 10^{-3}\}$

A: 前軸の荷重	H: 載荷軸による路床の歪エネルギー
B: 前軸によるアスコン層の歪	I: 1 = 単軸 単輪
D: 載荷軸の荷重	2 = 単軸 複輪
E: 載荷軸によるアスコン層の歪	3 = タンデム軸 複輪
E: 載荷軸による路床の歪	J: 車両の軸数
G: 載荷軸による路床の剪断歪	K: アスコン層の厚さ
	L: 現在の P.S.I
	M: 現在の累積交通量

- ② レジリエントモデュラスで舗装をモデル化しているため、環境が異なる地域でも適用可能である。
- ③ 車両型式(軸型式, 軸数)ごとに Pv を計算し、最終的に加算するため、標準軸重への換算係数を用いる必要はない。

(2) 舗装設計管理システム (PDMS)

PDMSは解析期間内でトータルコストを考慮し、最適な構造設計と維持修繕計画を与える。本システムの構成を図-5に示す。また、入力条件を表-6に示

す。

- ① まず考えられる初期の舗装構造を設定し、応力ひずみなどを計算する。
- ② 供用性モデルから、各シーズン、車両型式ごとに PV を計算する。
- ③ 車両型式ごとの PV を1年ごとに加算する。
- ④ 供用性の基準に達した時点でオーバーレイを計画し、解析期間まで同様な計算をくり返す。最終的に40種の計画案と、各計画案のトータルコストとパフォーマンスエリアとの比(コスト/エリア)を出力する。

パフォーマンスエリアは累積交通量の増加に対する P S I の変化の曲線(パフォーマンスカーブ)の下部の面積を言い、パフォーマンスを表わす指標である。パフォーマンスについては、研究者によってその定義

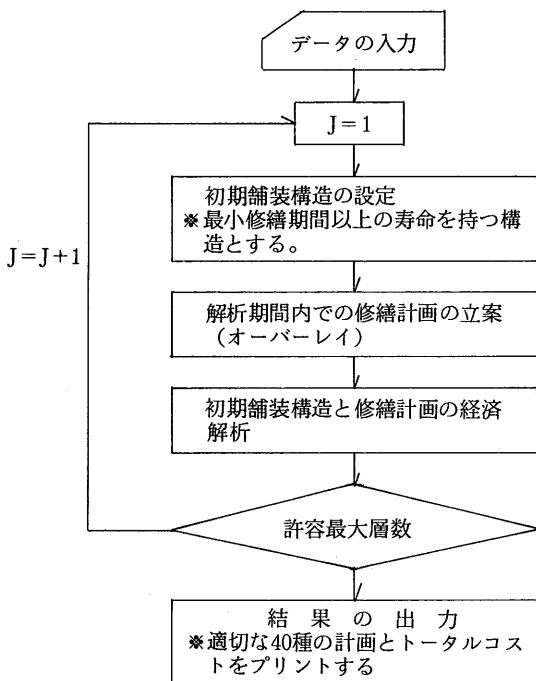


図-5 アメリカ森林協会の舗装設計管理システム

表-6 PDMS の入力条件

材 料	- 季節ごとのレジリエントモジュラス (MR) - 材料の単価
交 通	- 軸重, 軸数, タイヤ圧 - 季節変動
設計条件	- 各層の最大・最小厚 - 初期建設費の最大値 - 解析期間 - 破壊とする P S I - 修繕までの最小期間
経 済 性	- 利用者費用 - 遅延費用 - 操車費用 - 割引率 - 残存価値

が異なっている¹³⁾。Hudson は上述したパフォーマンスエリアをパフォーマンスの概念としてとられている。また、Kennedy, Lister らは、舗装の限界寿命に達する確率としてとらえている¹⁴⁾。

トータルコストの計算では次の6項目を組み入れている。

- ① 初期建設費 (Initial Cost)
- ② 維持費 (Maintenance Cost)
- ③ 修繕費 (Rehabilitation Cost)
- ④ 遅延費用 (Delay Cost)
- ⑤ 操車費用 (Vehicle Operating Cost)
- ⑥ 残存価値 (Salvage Value)

遅延費用、操車費用は利用者費用 (User Cost) である。前者は工事による渋滞や迂回の影響を考慮したものであり、後者は供用性の低下による走行速度の低下、タイヤの摩耗、燃費の増加などを考慮したものである¹⁵⁾。

2-3 オランダ¹⁾

この論文はオランダのデルフト工科大学が、地方道路 (Secondary Road) のために開発した舗装維持管理システムの概要を述べたものである。

システムの実行は、図-6に示すように2つのレベルに分けられる。それはネットワークレベルとプロジェクトレベルである。

ネットワークレベルでは、管内の道路網 (ネットワー

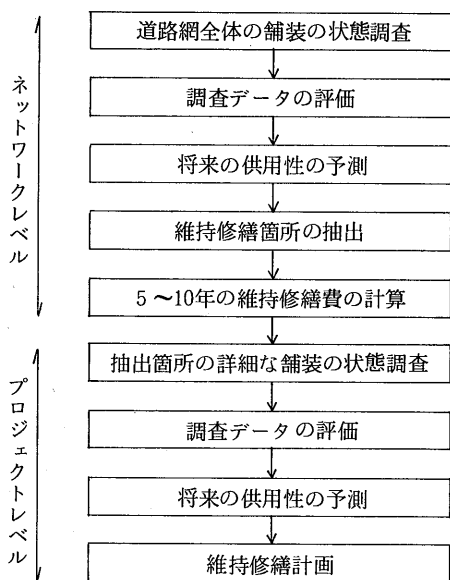


図-6 舗装維持管理システム (オランダ)

ク) 全体の路面性状をとらえ、要補修箇所を抽出し平均的な供用性のあるレベル以上に保つために必要な維持修繕費を最小にすることを目的としている。

プロジェクトレベルではネットワークレベルで抽出された要補修箇所 (プロジェクト) について路面性状をより詳細にとらえ、最適な工法、施工時期を計画する。

ここでは、各レベルで検討された供用性モデルについて紹介する。

(1) ネットワークレベルでの供用性モデル

ネットワーク全体を対象に、視察による路面性状調査・すべり抵抗測定などを5年間に渡って実施し、その結果から、次のような供用性モデルを示している。なお、視察による路面性状の評価は、各破損形態に与えられた最高点数から減点する形式で行なっている。

$$\frac{D_p}{D_m} = e^{\alpha \left(\frac{t}{T} - 1 \right)} \quad \text{.....(4)}$$

$$P_v = 1 - \frac{D_p}{D_m}, \quad (\text{視察状態指数}) \quad \text{.....(5)}$$

D_p : t 時の視察路面評価値 (控除ポイント数)

D_m : 控除ポイント数の最高値

摩耗..... 20点

ひびわれ..... 50点

全体的な破損..... 100点

t : 建設 (修繕) 後の供用年数

T : 寿命 ($D_p = D_m$)

α : 舗装種と破損形態による係数

$$f = a + b \times \log(t + 0.085) \quad \text{.....(6)}$$

f : すべり抵抗係数

a, b : 表層の材料による係数

図-7に摩耗による P_v と控除ポイント数の関係を

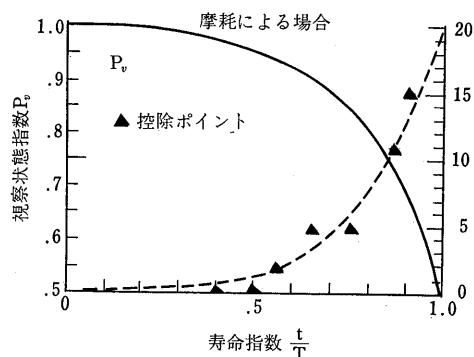


図-7 視察状態指数と控除ポイント数

示す。また、表-7に破損形態による維持修繕基準を示す。

表-7 視察状態指数の維持修繕基準

破損タイプ	路盤タイプ	Pv
摩 耗	全	0.7
クラック 全体的破損	セメント安定処理	0.8
	アスファルト安定処理 粒状路盤	0.6

計画では、各破損形態ごとに、係数 α 、供用年数 t 、控除ポイント数 D_p から、視察状態指数 P_v を計算し、この P_v が基準値以下であればプロジェクトレベルでの計画になる。

(2) プロジェクトレベルでの供用性モデル

プロジェクトレベルでは①たわみ測定(F.W.D)、②縦断凹凸測定(高速プロフィロメータ)③すべり抵抗測定(ポータブルテスター)が行なわれる。

F.W.Dを用いて測定されたたわみ量、表面曲率指数(S.C.I)から路床の弾性係数と、これを基準にした等値舗装厚(hec)を求め、たわみに基づいた供用性モデルを次のように示している。なお、等値舗装厚についてはウデマルクの理論を利用している。

$$hec_n = \frac{heco}{1 + e^{\beta \log(n/N)}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$Pd = \frac{hec_n}{heco} \quad \dots\dots\dots(8)$$

hec_n : 100 kN 換算累積軸数 n 回での等値舗装厚

heco : 建設(修繕)直後の等値舗装厚

N : 寿命 ($hec_n = \frac{1}{2} heco$)

β : 舗装構造による係数

P_d : 構造状態指数 ($P_d = 0.5$ で寿命)

図-8に構造状態指数(P_d)と寿命指数(n/N)との関係を示す。 P_d は疲労によって舗装の支持力が低下してゆく割合を表わし、残余寿命の計算、オーバーレイ厚の設計に用いられる。

縦断凹凸測定結果からは次のような供用性モデルを示している。これは、デルフト工科大学が開発した高速プロフィロメータによる縦断凹凸量をPSIに変換して求めたものである。

$$PSI_n = r_1(1 - e^{r_2(n/N - 1)}) \quad \dots\dots\dots(9)$$

PSI_n : 100kN換算累積軸数 n 回でのPSI

N : 寿命 ($PSI = 0$)

r_1, r_2 : 舗装種による係数

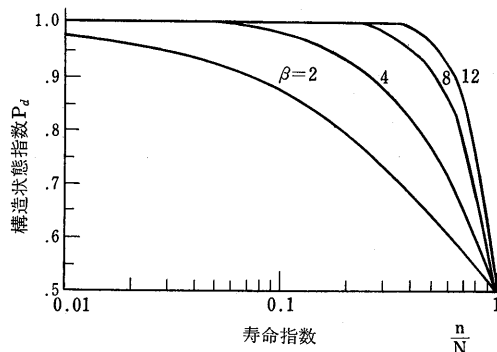


図-8 構造状態指数と寿命指数との関係

3 維持管理手法を主とした内容のもの

3-1 ワシントン州⁵⁾

ワシントン州の舗装維持管理システムは、図-9に示すように4つのサブシステムより構成される。

- ① 舗装に関するデータファイル
データの収集と出力
- ② データの解析
供用性の評価と供用性モデルの作成
- ③ プロジェクトレベルでの維持修繕計画
各々のプロジェクトで最も効果的、経済的な修繕工法と時期の計画
- ④ ネットワークレベルでの維持修繕計画
各々のプロジェクトの調整

(1) プロジェクトレベルでの維持修繕計画

各プロジェクト(各路線、各区間)で、2年ごとに調査された路面性状から供用性モデルが作成され、これを基に維持修繕計画が立案される。

調査は路面評価表による視察調査とライドメーターによる縦断凹凸測定である。これらの結果より、次式から路面の状態を評価する。

$$Rating(R) = (100 - \Sigma D) \left(1.0 - 0.3 \left(\frac{CPM}{500} \right)^2 \right) \quad \dots\dots\dots(10)$$

R : 評価値

ΣD : 破損形態による採点の合計

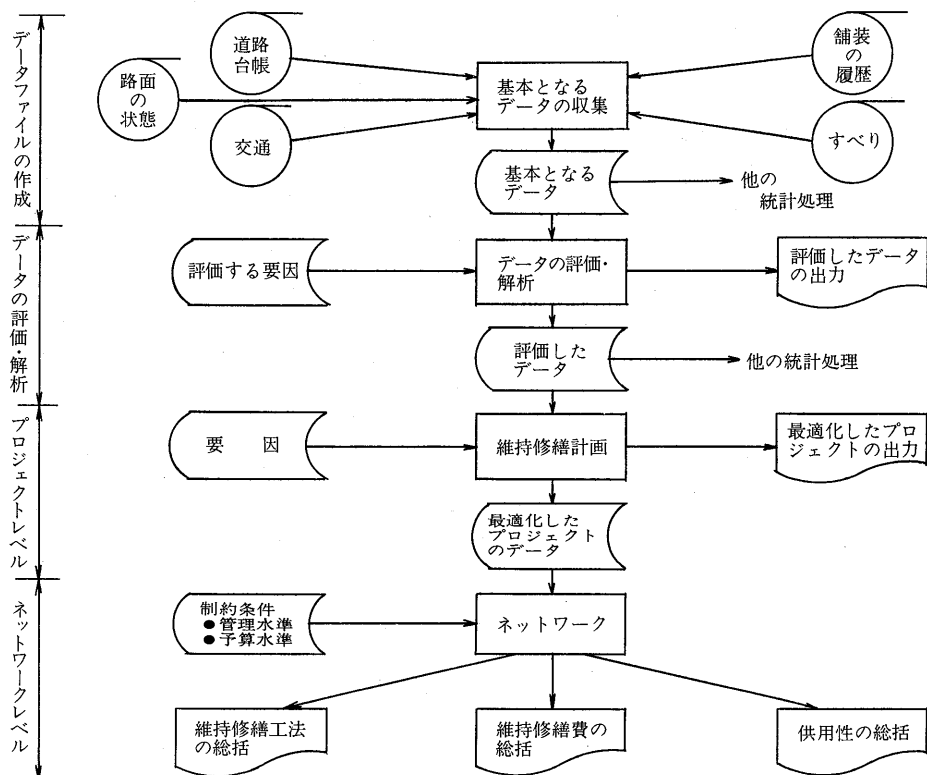


図-9 ワシントン州の舗装維持管理システム

CPM：縦断凹凸量 (Counts / mile)

供用性モデルは評価対象区間ごとに回帰式で示される。次式はその一般式である。

$$R = C - mA^B \quad \dots\dots\dots (11)$$

C : 100 (評価値の最高値)

R : 評価値

A : 供用年数

B, m : 係数

図-10に代表的な供用性モデルを示す。計画では、管理基準として "Should" と "Must" レベルを設定

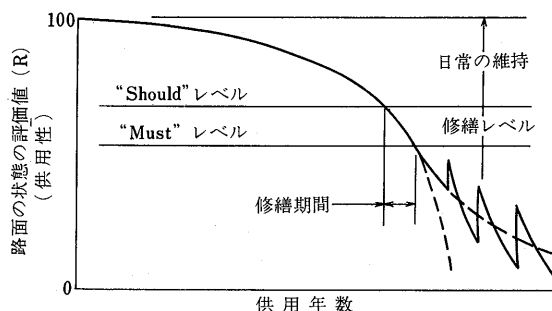


図-10 供用性モデル

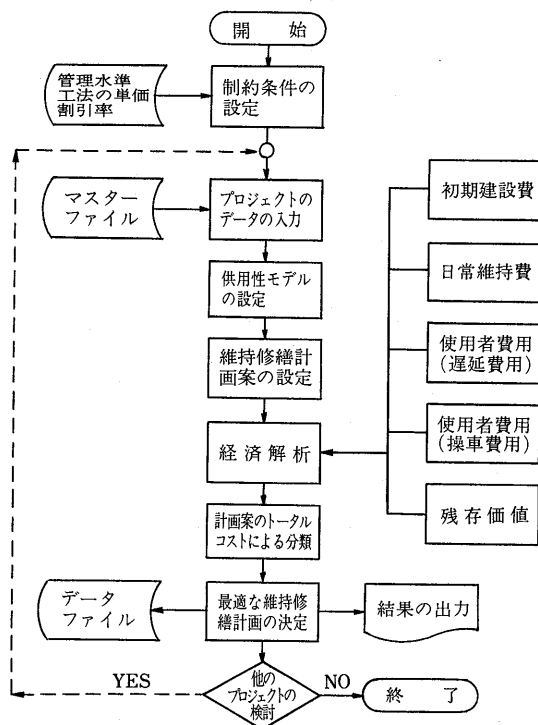


図-11 プロジェクトレベルでのシステムフロー

し、経済性と供用性の両面から最も効果的な修繕工法、修繕時期を計画する。図-11にそのシステムフローを示す。

(2) ネットワークレベルでの維持修繕計画

ネットワークレベルでは、各プロジェクトの維持修繕計画を①維持修繕工法 ②維持修繕費 ③供用性の各項目について総括し、管理水準、予算水準に応じてプロジェクトの優先順位を計画する。

優先順位の計画で考える要因は次のとおりである。

- ① プロジェクトの遅れによる供用性への影響
- ② 交通量（交通量の大きいプロジェクトが優先）
- ③ 日常維持費
- ④ 安全性
- ⑤ 政策上の問題

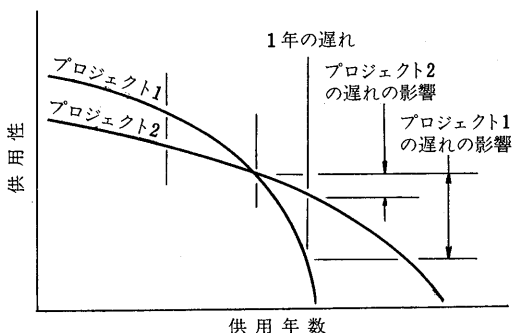


図-12 プロジェクトの遅れの影響

ここに、プロジェクトの遅れの影響は図-12で説明される。同一期間の遅れに対して、プロジェクト1は2に比べて供用性の低下が大きいと優先される。

3-2 アリゾナ州⁸⁾

アリゾナ州交通局 (ADOT) は、近年の物価上昇、予算の削減という厳しい状況下で、より効率的な維持修繕を行なうため、1976年、そのシステム化に着手し、1980年、完成している。

システムの構成は

- ① Data Base Management System (DBMS)
- ② Network Optimization System (NOS)
- ③ Project Optimization System (POS)

である。

DBMS はデータ管理システムと呼ばれ、維持修繕計画の基本となるデータの収集・保管・提供するシステムである。NOS はネットワーク最適化システムと呼ばれ、

図-13に示すように、管理する上での基準を満足するための方策とその費用を最小にするよう計画するものである。POS はプロジェクト最適化システムと呼ばれ、図-14に示すように、NOS より出力された諸条件を受け、詳細な調査に基づいて各プロジェクトで最適な計画を立案するものである。

ここではNOSについて紹介する。

(1) NOSにおける手法

NOS では、現在の舗装の状態から将来の状態を確率的な面から予測し、所要の供用性を保つために必要な維持修繕工法を選定し、その費用をいかに最小にするかを検討する。将来の状態の予測ではマルコフ過程を利用した供用性モデルを、費用の最小化では線形計画法を用いている。

(2) 供用性モデル

供用性モデルは現在の舗装の状態から1年後の状態の変化を予測する回帰式として求められている。この場合の独立変数は、現在の舗装の状態（縦断凹凸・ひびわれ）・前年における舗装の状態の変化・交通量・

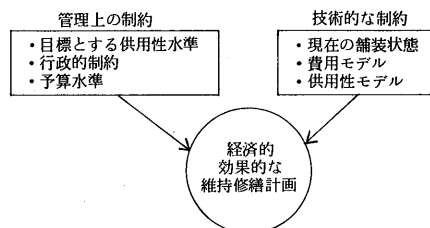


図-13 ネットワーク最適化システム (NOS)

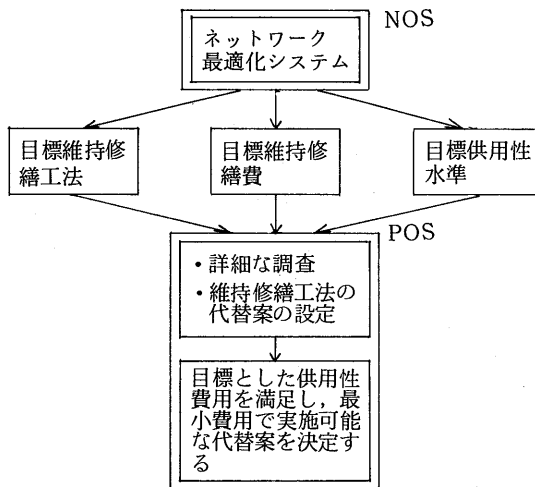


図-14 ネットワーク最適化システム (NOS)

維持修繕工法・地域的要因である。従属変数は1年後の縦断凹凸とひびわれの変化である。舗装の状態の変化についてはマルコフ過程を利用している。

マルコフ過程は次のような現象をいう¹⁶⁾。

ある時期Sにおける舗装の状態*i*がS後の*t*期における状態*j*に移行する場合、状態*j*はS期における状

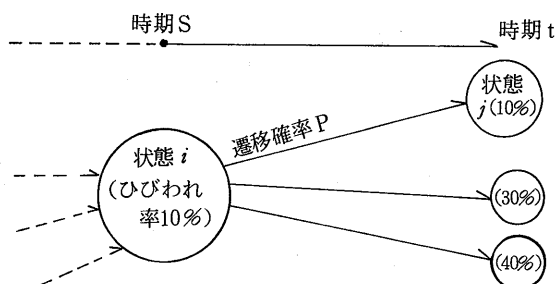


図-15 舗装の技能の変化図

態*i*のみで定まり、S期以前の状態に無関係なとき、この現象は履歴を持たないといい、このような現象を表わす確率過程をマルコフ過程という。(図-15参照)つまり、供用性モデルは現在の状態と次の時点での状態に移行する確率(遷移確率)で表わされ、舗装の履歴は考慮されていない。

舗装の状態は次のように区分されている。

まず対象とした道路を気象などの地域的な要因と日平均交通量から13のカテゴリーに分類し、①現在の縦断凹凸(3水準)②現在のひびわれ率(3水準)③前年までのひびわれ率の変化(3水準)④最初にひびわれが入るまでの期間(5水準)により舗装の状態を区分する。

遷移確率は、区分された舗装の状態*i*に維持修繕工法 a_k を講じた場合、1年後の状態*i*に変化する確率($P_{ij} a_k$)として定め、観測データから求めている。

図-16にマルコフ過程の供用性モデルを示す。

(3) 維持修繕計画

維持修繕計画では線形計画法を利用し、短期・長期計画を考えている。線形計画法の主要素は未知変数・目的関数・制約条件である。

① 未知変数の設定

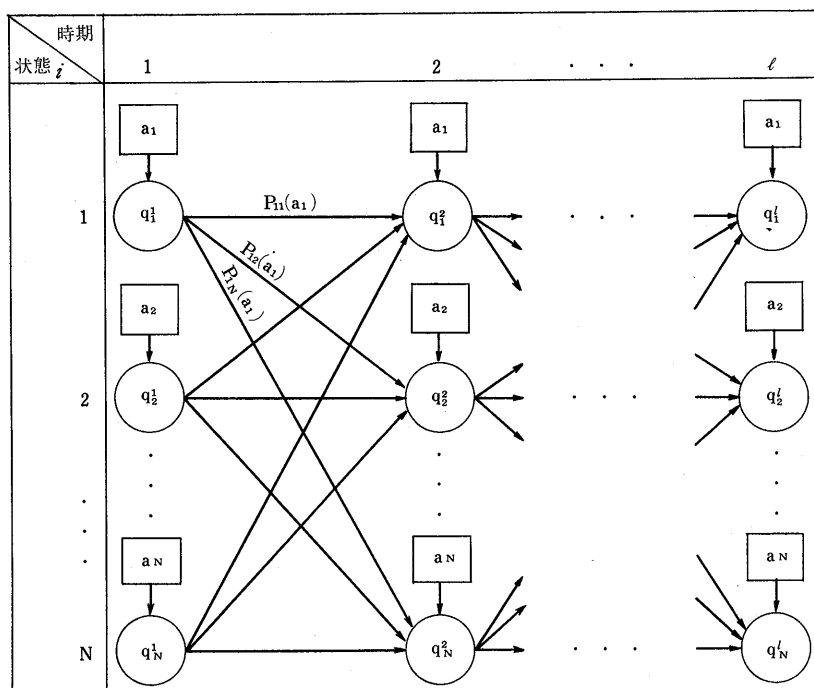
未知変数として、時期*l*、舗装の状態*i*における維持修繕工法 a_k を施工する道路の比率 W_{ik}^l を設定している。

$$q_i^l = \sum_k W_{ik}^l \dots\dots\dots (12)$$

q_i^l : 時期*l*における舗装の状態*i*の道路の比率

② 目的関数の設定

維持修繕計画の目的は、解析期間内での費用を



Note :
 q_i^l || 時期*l*における状態*i*の占める比率
 $P_{ij}(a_k)$ || 工法 a_k を行なったときの遷移確率

図-16 マルコフ過程による供用性モデル (NOS)

最小にすることである。そのため、目的関数を次式のように設定している。

$$\sum_{i,k} W_{ik}^i C(i, k) \text{ —— 最小化………(13)}$$

$C(i, k)$: 舗装の状態 i に講ずる維持修繕工法 ak の単価

③ 制約条件の設定

制約条件を次式のように設定している。これは、管理水準を表わしている。

$$\sum_{i,k} W_{ik} \geq \epsilon \text{ ……………(14)}$$

$$\sum_{i,k} W_{ik} \leq r \text{ ……………(15)}$$

ϵ : 満足な状態 i の道路が占める比率の最小値

r : 満足しない状態 i の道路が占める比率の最大値

ϵ, r は道路の重要度に応じて表-8のように設定している。

維持修繕計画は、以上の基本式に基づき、所要の管理水準の下で、維持修繕費を最小にするよう計画される。

3-3 カナダ⁹⁾

この論文はカナダの州や市などで実施されている舗装維持管理システムの概要を述べたものである。システムの運用には図-17に示すようにネットワークレベルとプロジェクトレベルがある。ここでは、前者について紹介する。

舗装維持管理システムのネットワークレベルでの構成を図-18に示す。

(1) 第1段階 (調査とデータの解析)

システムは先ず現況調査から始まり、調査データに基づいて、ネットワーク全体の舗装の状態を把握する。

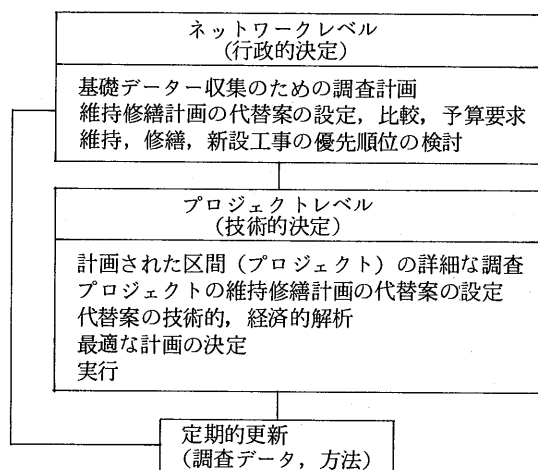


図-17 舗装維持管理システムの運用レベル

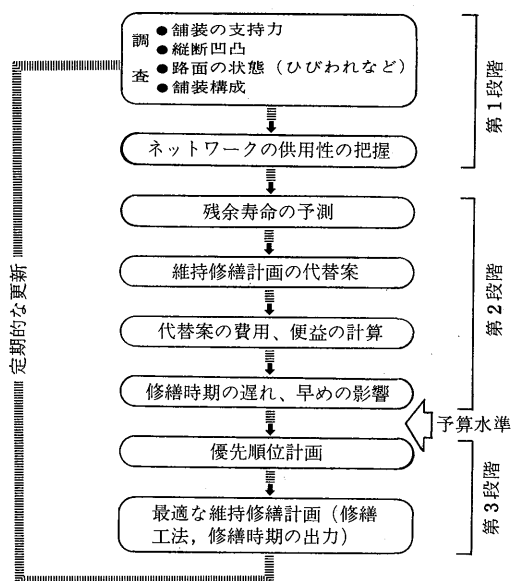


図-18 ネットワークレベルでのシステムフロー

表-8 達成すべき管理水準 (NOS)

満足した舗装の状態		縦断凹凸量 < 165 インチ/マイル, ひびわれ率 < 10%		
満足しない舗装の状態		縦断凹凸量 > 256 インチ/マイル, ひびわれ率 > 30%		
日平均交通量 ADT	縦断凹凸量		ひびわれ率	
	満足した状態の 占める比率の最 小値 (ϵ)	満足しない状態 の占める比率の 最大値 (r)	満足した状態の 占める比率の最 小値 (ϵ)	満足しない状態 の占める比率の 最大値 (r)
0~2000	0.50	0.25	0.60	0.25
2000~10000	0.60	0.15	0.70	0.20
10000 以上	0.80	0.05	0.80	0.10

調査とデータの解析には自動化が不可欠であり、Haasらは高速で安価に調査できる路面調査車 (Automatic Road Analyzer: ARAN) を開発している。データは磁気テープに記録され、直接電算処理される。ARANについては笠原が詳しく報告しているので参照されたい¹⁷⁾。

表-9はカナダ交通運輸局で行なわれた調査データの出力例である。表中のCI (Condition Index)は舗装の状態(ひびわれなど)に関する指数、RCI(Riding Comfort Index)は乗り心地に関する指数、SAR (Structure Adequacy Rating) は舗装の構造に関する指数である。PQI (Pavement Quality Index) は舗装の供用性を総合的に表わす指数で、CI, RCI, SAR の3指数に重みを付けて算出される。各指数は舗装の状態に応じて0~10で評価される。

(2) 第2段階(維持修繕計画)

- ① 第1段階の調査結果から供用性モデルに基づいて残余寿命を推定する。供用性モデルはマルコフ過程を利用して作成されている。
- ② 解析期間内で供用性の許容値に達する区間を抽出する。表-10は許容値をPQI=4.5にしたときの寿命に達する時期を示したものである。これは予算に制限がない場合の技術レベルでの優先順位を表わしている。
- ③ 候補に上がった区間について維持修繕工法の代替案を設定し、その費用、便益を計算する。
- ④ 予算に制限があれば許容値に達した時点で維持修繕が実行されないケースが考えられる。そのため、ここでは維持修繕の“遅れ”(Delay)と“早まり”(Accelerate)による供用性・費用への影響を検討する。

(3) 第3段階(優先順位の計画)

維持修繕のタイミングの検討に基づき、予算レベルに応じて便益が最大になるような優先順位を検討し、各区間の維持修繕工法・適用時期を出力する。表-11は年間の維持修繕費を150000ドル、350000ドル、550000ドルとしたときの出力例である。予算水準1では10年かかってすべての区間の維持修繕は実行されない。これに対し予算水準3ではすべての区間が計画され区間7と9は許容値に達するまでに予防的な

表-9 各区間の供用性一覧表

Section	CI	RCI	SAR	PQI
0001	2.1	4.1	0.3	1.5
0002	4.8	5.6	3.3	3.9
0003	3.9	5.4	6.7	5.2
0004	3.4	6.1	6.1	5.4
0005	4.1	4.6	0.0	1.8
0006	4.1	5.8	0.8	2.7
0007	4.5	5.9	4.8	4.8
0008	9.3	6.9	5.3	6.9
0009	5.0	6.4	5.7	5.8
0010	4.2	5.3	0.3	2.2
0011	6.5	5.0	5.6	4.8
0012	9.0	5.8	1.1	3.4
0013	4.2	5.2	3.1	3.4
0014	6.3	5.1	6.9	5.5
0015	5.8	5.8	5.7	5.5
0016	3.3	4.0	0.0	1.5

表-10 維持修繕が必要になる時期 (PQI=4.5)

1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
1	3	4	14	8					
2	7	9							
5		11							
6		15							
10									
12									
13									
16									

表-11 維持修繕計画の出力例

1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
予算水準1 (年間 \$ 150000)									
4-01	3-02	9-02	8-01 12-02 13-02		5-RC				
予算水準2 (年間 \$ 350000)									
6-02	3-02	8-01 9-02 12-02 13-02 14-01	11-02 15-02	5-RC		4-RC			10-RC
予算水準3 (年間 \$ 550000)									
2-02	3-02	8-01	16-RC		4-RC		10-RC		1-RC
5-02	5-RC	11-RC							
7-02		12-RC							
9-02		13-02 14-01 15-02							

注 A-B A区間番号 B維持修繕工法 01 オーバーレイ 1
02 オーバーレイ 2
RC 打換え

対策が講じられる。このように、予算水準に応じて維持修繕工法の優先順位は異なることが分る。

図-19は予算水準に応じた供用性の変化を示したものである。予算水準1では現在の供用性水準を維持できるが改良はされない。これに対し予算水準2・3では現在より高い供用性を提供することが可能である。

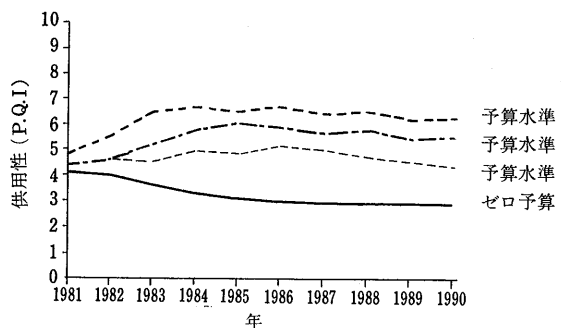


図-19 予算水準と供用性水準

あとがき

以上、「セッションIV」の論文を紹介してきた。

各論文は州や市などで開発された舗装維持管理システムの概要を報告しており、その考え方や方法について詳細な説明は述べられていない。そのため、筆者の力不足もあって深く把握することができなかった。しかし、個々の論文をとおして、諸外国における舗装維持管理の動向は、おおまかではあるがつかめたかと思う。ここに紹介した各舗装維持管理システムはほぼ同様な構成から成っている。しかし、個々の内容はさまざまで、舗装現況の調査方法、調査項目、供用性を表わす指標のとり方、将来の状態を予測する手法など独自の方法をとっている。システムの現状としてはまだ開発段階で、実用の域には達していないようである。

我国においても、効率的な維持修繕を行なうために舗装維持管理システムが注目されており、今後、活発に研究されられると思われる。

参考文献

- 1) A.A.A. Molenaar and Ch.A.P.M. Van Gorp, "A Pavement Management System for Provincial Roads in the Netherlands."
- 2) C.A.V. Queiroz and W.R. Hudson, "Improved Pavement Performance Relationships in Brazil."
- 3) M.S. Snaith, H.J.H. Bailie, E.T. Stewart and D.M. Orr, "An Integrated Maintenance System for the Assessment Diagnosis and Treatment of Flexible Pavements"
- 4) Ir.G.H. Kellersmann and Ir.J.V.d. Klooster, "Rational Pavement Management in the City of Amsterdam"
- 5) R.V. Le Clerc and T.L. Nelson, "Washington's State's Pavement Management System,"
- 6) D.R. Luhr, B.R. McCullough and A. Pelzner, "Development of an Improved Pavement Management Systems."
- 7) P.D. Thompson and L.W. Hatherly, "The Development and Use of a Pavement Management System in the United Kingdom."
- 8) R. Kulkarni, K. Golabi, F. Finn, E. Alvit, L. Nazareth and G. Way, "Development of a Pavement Management System for the Arizona Department of Transportation."
- 9) N.A. Karan, R. Haas, D.A. Kobi and A. Chetham, "Implementation and Verification Examples of Successful Pavement."
- 10) TRB, "Pavement Management System Development." NCHRP 215.
- 11) Marshall Committee Report Highway Maintenance; Report of the Committee on Highway Maintenance, Her Majesty's Stationery Office, London (第11回欧米道路調査団報告書: 日本道路協会. 1976. の中でほぼ全訳されているので参考になる)
- 12) 岡村 真, 「維持管理・補修へのエレクトロニクスの利用」アスファルト No.135. (1983年)
- 13) R.D. Pedigo, W.R. Hudson and F.L. Roberts, "Pavement Performance Modeling for Pavement Management." TRR. 814.
- 14) C.K. Kennedy and N.W. Lister, "Prediction of pavement performance and the Design of Overlays." TRRL, LR 833, 1978.
- 15) F.N. Finn, R.L. Terrel, R.V. Leclerc and W.A. Garrison, "The Development of Pavement Management Systems for Programming Roadway Maintenance." AAPT. 1976.
- 16) 理化学辞典, 岩波書店
- 17) 笠原 篤, 「続・カナダ留学雑感」舗装 19-1. 1984. (1)~(9)はセッションIVの発表論文である)

舗装の維持管理システムに関する研究 第一回

阿部 頼 政*

1. まえがき

わが国の昭和56年度末における道路延長は112.3万kmで、そのうち、高級舗装、簡易舗装それぞれの延長は19.2万km、37.7万km、計56.9万kmとなっている¹⁾。舗装率は簡易舗装を含めても約50%であり、欧米諸国に比べてまだ低い水準にあるものの、舗装延長はイギリスの34万km、西ドイツの42万kmをすでに超えている。したがって、わが国では舗装率を伸ばす計画とは別に、これまで蓄積してきた舗装の維持修繕をはかることが、きわめて重要な課題となっている。

舗装の維持修繕を計画的に行なおうとする考え方は、1970年に発表されたイギリスのマーシャルレポート²⁾に端を発し、現在ではHaasとHudsonの著書“Pavement Management Systems”³⁾に代表されるように、これをシステムとして、確立しようとする試みが、多くの研究機関で始められている。最近の国際会議⁴⁾⁵⁾においても、舗装の維持管理システムが主要なテーマとしてとりあげられており、今後、研究段階から実用段階へ発展していくものと思われる。

わが国では、これまで舗装管理システムに対する関心は低かったが、最近、この課題に本格的に取り組もうとする気運が高まりつつある。これは、50万kmを超える既設舗装の破損が年々増加しているため、計画的な維持修繕を行わなければ“荒廃する日本”になりかねないことが、広く認識されるようになったからであろう。

本稿は、以上のような背景を考慮し、舗装の維持管理システムを基礎から考えてみようとするものである。数回にわたる連載となるが、今回はまず「システムとは何か」「わが国の舗装の維持管理にシステムの導入は必要か」という問題に焦点を当てて述べることにする。

2. システムとは何か

広辞典⁶⁾によればシステム(System)とは、①組織、仕組み、制度、②順序、③系統と記載されている。非

常に漠然としており、我々も日常会話ではなかば日本語化したシステムという言葉を上記の各種の意味に使用していると言えよう。工学の分野におけるシステムの定義は「多数の構成要素が有機的な秩序を保ち、同一目的に向かって行動するもの」⁷⁾であり、システム工学(System Engineering)は「システムの目的を最もよく達成するために、対象となるシステムの構成要素、組織構造、情報の流れ、制御機構などを分析し設計する技術」⁷⁾となっている。このように、工学に限ってみてもシステムという言葉の意味はとらえにくい。この理由は、システムには数多くの種類があって全体像をまとめるにあたっては抽象的な表現をとらざるを得ないためであろう。

システムズエンジニア・ハンドブック⁸⁾には、現在機能しているシステムの例として次のようなものが紹介されている。

(1) 科学技術分野のシステム

天気予報、大気循環のしくみ解明などを目的とした気象衛星システム、原子力エネルギー開発のための原子力開発・支援システムなど。

(2) 行政システム

行政データバンクシステム、住民感情システムなど。

(3) 製造システム

注文住宅設計システム、自動車エンジン開発用実験システムなど。

(4) 流通システム

消費者の購買動向を知るための店舗情報システムなど。

(5) 金融システム

銀行業務のオンラインシステムなど。

(6) 社会システム

ごみ焼却炉プラントシステム、道路や鉄道のための交通システム、競馬・競輪等各種競技の発券・配当を処理するトータリゼータシステムなど。

(7) 報道システム

*あべ よりまさ 日本大学理工学部助教授

新聞作成にあたって活字を使用するHTS(Hot Type Systems)や、写真植字によるCTS(Cold Type Systems)など。

(8) 鉄道システム

指定券の予約・発売を取扱うMARS(Magnetic-electronic Automatic Reservation System)など。

以上のように、多くの分野でシステムという用語が使われており、その内容・目的も様々である。しかし、そこには共通点が存在することも確かであろう。その共通点がシステムという用語の定義となっているわけである。

ここで、システムの定義をあらためて考えてみると、システムは次の要件を備えたものであると言える。

- ①構成要素が多い。
- ②構成要素が有機的な秩序を保っている。
- ③構成要素が同一の目的に向けて行動する。

前に述べた(1)~(8)の例が、すべてこの3条件を備えていることは言うまでもなからう。システムの役割は、一般に図-1のような模式図で考えることができる。すなわち、図-1で入力とは構成要素からの情報(定義の①の役割)であり、出力はこれをもとにブラックボックスを経て得られた目的とする情報(③)を示す。ブラックボックスはシステムの本体であって、ここには、入力された情報が全体の中の然るべき位置に組み込まれ(②)、目的とする情報が得られるような設計法が内蔵されている。なお、入力データが多く出力までの計算量が膨大となるため、一般にコンピュータが利用されている。

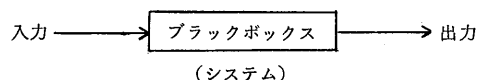


図-1 システムの模式図

システムを日常生活の身近な問題から考えてみよう。最近の新聞に報道された記事によれば、40才前後のサラリーマンの小遣いは月額5万円(年60万円)程度とのことである。通勤費、昼食費、煙草代など支出の項目は多いが(図-2)、この小遣いを管理するためにノート

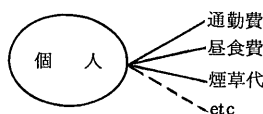


図-2 個人の経済管理

(小遣い帳)をつけている人はほとんどいないと言ってよからう。無意識のうちにバランスをとっているはずである。

同年代の年収は、500~600万円程度であろうか。これは、図-3のように構成員(夫、妻、子供など)に配分

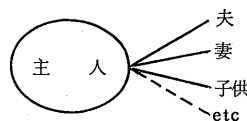


図-3 一家の経済管理

される。家計簿をつけて、計画的な支出を心がけている家庭もあるが、一般的には、主人(主婦か?)の大きな判断によるものと思われる。このように、小遣い帳、家計簿などによる管理をシステムとは呼ばない。システムの第一要件である構成要素の数から考えてもこれは明らかであろう。しかし、各個人から、配分を必要とする理由を聞き(入力)、予算と請求額のバランスを考えて(ブラックボックス)、配分を決定する(出力)という形態は、システムの基本的パターン(図-1)と類似している。

会社の組織を考えてみよう。社長を頂点に、重役、部長、課長、係長とピラミッド型に底辺が広がり(図-4)、



図-4 会社の経済管理

平社員数は会社が大きいほど多くなる。いま、「全社員が納得できるように利益を配分する」という目的を設定してみよう。全社員に均等割したらどうだろうか。年輩者から苦情が出る。年令差1年につき、1000円/月の差をつけたら……。これは、20才の社員が月給10万円るとき、60才の社員が14万円となる。年輩者はまだ不満であろう。1万円/月の差をつければ、60才の社員は月給50万円となる(わが国の現状はこの程度?)。

しかし、年令による重みづけだけでは、社長をはじめ、役職者の不満が残るだろう。そこで、役職に重みをつけた手当が支給されることになる。この段階がわが国の一般的な給与配分法であろう。

以上のように、構成要素の一つ一つを考慮しながら、

全体のバランスをはかって目的を達成する手法を決定することが“システムの設計”である。この例では、計算法は簡単に会計課がソロバンまたは簡単なプログラム計算で処理できる。すなわち、システムとしての要件は備えているものの、必ずしもシステムとしてとらえなければならないという必然性はない。

以上、身近な問題からシステムの意味を模索してきたが、ここでシステム工学の飛躍的發展の端緒となったNASAのアポロ計画を考察してみよう。

1969年7月、アポロ11号が月面に着陸した。計画発表以来わずか8年間でこの大事業が成功したのは、システム工学の成果であると広く認められている。システムの目的は言うまでもなく月面着陸である。そして、構成要素は科学技術、材料、人員（動員された科学者、技術者は述べ400万人以上と言われている⁷⁾）など、膨大な数にのぼる。これらの要素のうち、いずれか一つにミスや不連続があっても目的達成は危うくなる。すなわち、構成要素の一つ一つが全体の目的達成に直接関与しているわけである。また、構成要素はバランスからくるさまざまな制約条件が課せられている。計測機の作製を例にとっても、重量、精度、納期など厳しく管理されたはずである。そのために必要な計測機の種類と数は？……。

このように巨大なプロジェクトでは、各構成要素の位置づけと役割を明らかにし、それぞれが機能を十分に発揮して全体の目的を達成できるような合理的設計が必要とされる。すなわちシステムである。

3. 舗装管理システム

舗装の分野に、システムという用語あるいはその考え方が導入されたのは1970年頃と言われている³⁾。年代的には月面着陸の直後であり、アポロ計画の影響を受けたと見ることもできよう。以後、現在まで10数年の間にいくつかの“舗装管理システム”が発表されてきた。それぞれの内容については、アスファルト舗装技術研究グループのメンバーによる紹介^{9) 10) 11) 12)}もあることなので、ここでは基本的な考え方の流れを簡単にたどってみる。

舗装管理システムの当初の目的は、“計画、設計、施工、路面評価、維持修繕を一連の流れとしてとらえ、所定の解析期間（オーバーレイを数回行なう程度）において最も経済的となる計画や設計を選定する”ことにあった。すなわち、新設舗装の計画・設計を長期間におけるトータルコストで判断しようとするものであった。理念としては正に当を得たものであり、いくつかのシステムも発

表されたが実用の段階には達しなかったと言ってよからう。何故なら、システム全体が大きすぎて必要な情報の不足が多く、信頼度の高いシステムが得られなかったからである。

その後、道路予算の削減、新設舗装の減少、維持修繕量の増大などの要因がからんで、システムの目的は次第に“既設舗装の維持修繕において、限られた予算を最も効果的に使用する方法の確立”へと移っていった。これは、当初のシステムに比べれば、既設舗装の管理・維持修繕のためのサブシステムとでも位置づけられるべきものであるが、本稿では、この“維持管理システム”を中心に記述する。

わが国の既設舗装を例にとりシステムを考えてみる。延長は前にも述べたように全国で約57万kmあり、200mを基本単位としても、約300万個の構成要素となる。システムとしてとらえるのに十分な数と言えよう。57万kmを47都道府県で単純に配分すればそれぞれ1.2万kmとなり、構成要素は6万個に減少するが、システムの設計にあたって、路面性状のわだち掘れ量、ひびわれ率、縦断凹凸量を取り入れるとデータ数は18万個となる。この他に、交通量、舗装の構成と各層の厚さ、路床条件、気象条件などを入れればデータ数は100万個を超える。すなわち、各都道府県単位でも舗装の管理をシステムとしてとらえることができるわけである。また、見方を変えれば、100万個以上のデータをかかえて“予算を最も効果的に使用する方法”を見出すことは、システムとしてとらえなければ無理であるとも言えよう。

図-1に沿って維持管理システムの役割を考えてみる。この場合入力には管理区間の路面調査データ、環境条件、予算などである。目的の設定によって出力は異なるが、一般に当該年度に修繕する区間の優先順位、修繕工法などである。そして、維持管理システムは、これらの入力をもとにして、合理的な出力が得られるように設計されるわけである。システムの設計法については次回以降に述べるが、不確定要素が多くなかなか大変な問題であることをあらかじめおことわりしておく。

ところで、舗装管理システムはわが国で必要とされるだろうか。予算が充分にあれば、それを効果的に使用する方法など、あまり問題とされないからである。わが国の道路事業費は、ここ数年来の横ばいが当分続くと思われるので、ポイントとなるのは今後の維持修繕量の動きである。次章でこの問題を検討する。

4. 今後の舗装修繕延長の予測

昭和56年度末におけるわが国の舗装率は、都道府県および政令都市別にみると図-5のようになる。これが現況である。本章では、今後の舗装修繕を種々の仮定と単純な計算法により予測する。なお、ここに使用される仮定と計算法は、実際に使用するシステムの設計にあたって、実測値やそれをもとにした回帰式などに変更されるべきものであることを付記しておく。

(1) 道路と舗装の分類

道路は、①一般国道指定区間、②一般国道指定区間外+都道府県道+市町村道の2種に分類し、①については全国で、②については都道府県、政令都市ごとに計算することにした。

舗装は、高級アスファルト舗装、簡易舗装に分け、セメントコンクリート舗装は除外した。

(2) 年度別舗装新設延長の計算

任意の舗装の修繕時期を判定するには、その舗装がいつ建設されたかを知る必要がある。この種の資料では、道路統計年報¹⁾が詳しいが、各年度の新設延長は記載さ

れていない(当該年度の管理延長が記載されている)。また、将来の道路整備については建設省道路局による道路行政¹³⁾に長期構想があるが、舗装に関する記載はない。そこで、次のような計算法をとることにした。

①昭和45年度以前

一般国道が指定区間と指定区間外に分けられた昭和46年度の舗装済延長をもとに、それ以前は昭和20年から均等に新設されたと仮定して各年度の新設延長を計算した。

②昭和46年度～昭和56年度

道路統計年報(昭和46年度～昭和56年度)より次式で計算した。

$$\begin{aligned} \text{昭和}x\text{年度の新設延長} &= \text{昭和}x\text{年度の舗装済延長} \\ &\quad - \text{昭和}(x-1)\text{年度の舗装済延長} \end{aligned}$$

なお、この計算法によれば管理延長を舗装延長とみなしていることになる。したがって、都道府県道では移管による不整合が随所に見られた。

③昭和57年度以降

道路行政の長期計画における改良率を舗装率と見なし、昭和75年度まで均等に新設されると仮定した。また、ア

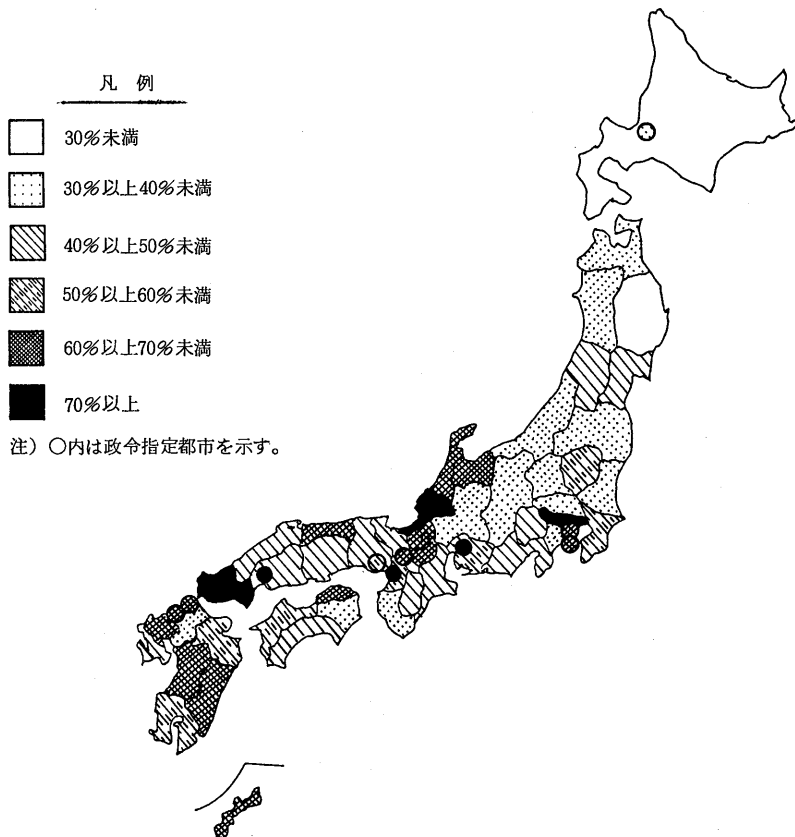


図-5 舗装率の現況(昭和56年度末)

スファルト舗装と簡易舗装の比率は、昭和56年度の比率が昭和75年度まで続くとして仮定した。

なお、各年度の舗装済延長（すべての道路を含む）は図-6のとおりである。

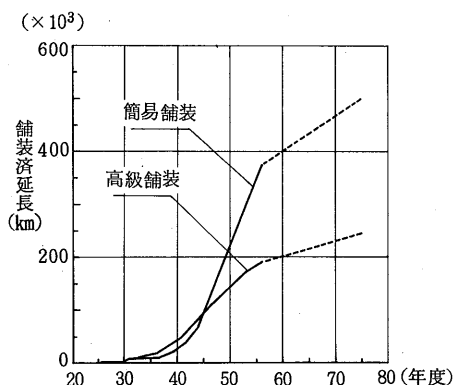


図-6 各年度の舗装済延長

(3) 修繕延長の予測

舗装新設後、修繕（すべてオーバーレイとする）が必要とされるのはアスファルト舗装10年後、簡易舗装5年後とし、再度のオーバーレイは前者で5年間隔、後者で3年間隔とし、各年度ごとに必要延長を計算した。なお、図示にあたっては、管理者の変更等による極端な数値を平均化するため、次の式によって求めた値（移動平均値）をプロットした。

アスファルト舗装

$$x \text{ 年度の必要延長} = \{ (x-2 \text{ 年度の必要延長}) + \dots + (x+2 \text{ 年度の必要延長}) \} \div 5$$

簡易舗装

$$x \text{ 年度の必要延長} = \{ (x-1 \text{ 年度の必要延長}) + \dots + (x+1 \text{ 年度の必要延長}) \} \div 3$$

計算結果を地方別に図-7～図-13に示す。また、図

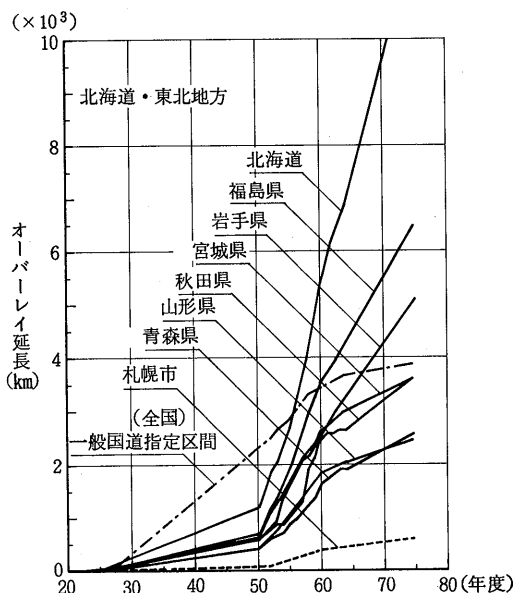


図-7 オーバーレイ延長の推定
(一般国道指定区間、北海道、東北)

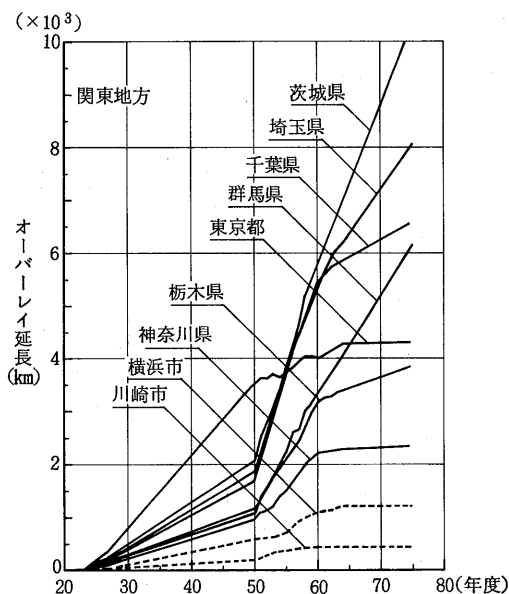


図-8 オーバーレイ延長の推定 (関東)

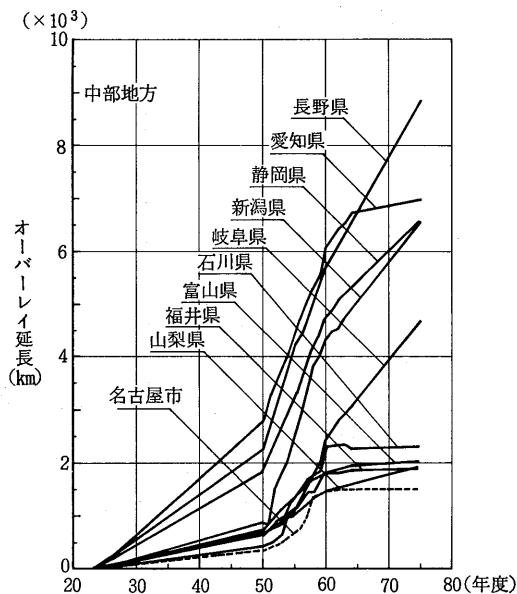


図-9 オーバーレイ延長の推定 (中部)

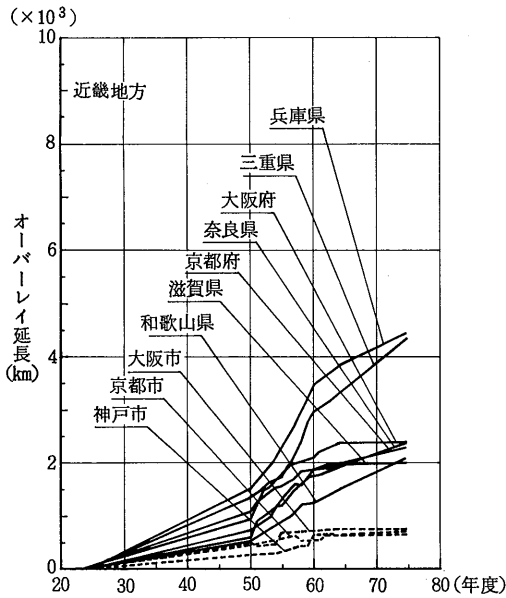


図-10 オーバーレイ延長の推定 (近畿)

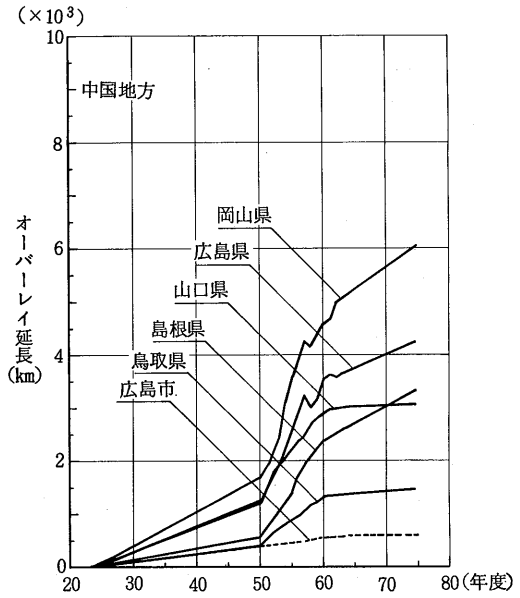


図-11 オーバーレイ延長の推定 (中国)

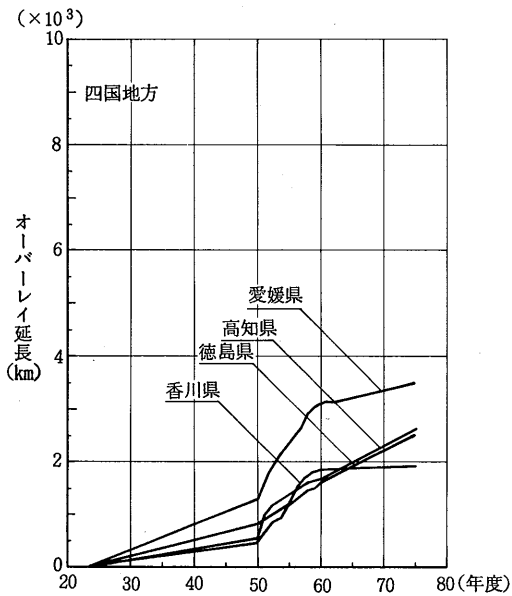


図-12 オーバーレイ延長の推定 (四国)

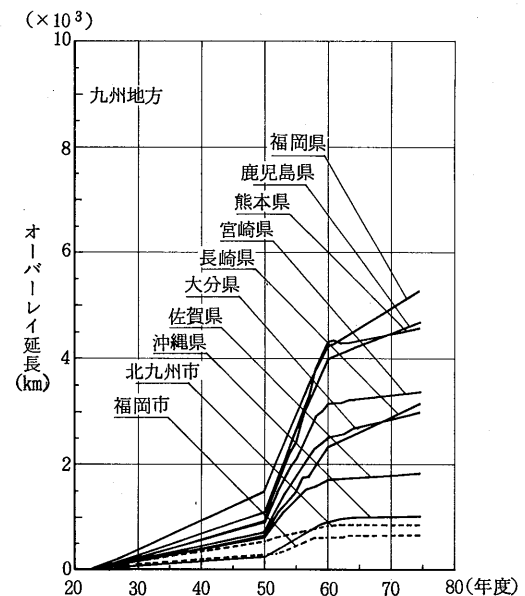


図-13 オーバーレイ延長の推定 (九州)

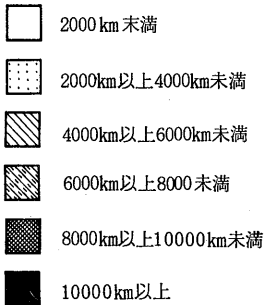
ー14には全国的な分布状態を見るため、昭和75年度に必要なとされるオーバーレイ延長を図示した。これらの図から地方の特色など種々の知見は得られるがここでは省略し、わが国全体のオーバーレイ延長で考察してみよう。

図-15は、オーバーレイ間隔を① (アスファルト舗装5年、簡易舗装3年) の他に② (3年、2年)、③ (7年、5年) の場合も含めて必要延長を示したものである。①の例では、昭和75年度のオーバーレイ必要延長が約20

万kmに達する。いま、この値をもとに、材料費を推定してみよう。アスファルト混合物の単価を8000円/t、密度2.3、オーバーレイ厚5cm、舗装の幅5mとすると、
材料費 (円) = 8000 (円) × 0.05 (m) × 5 (m)
× 200,000,000 (m) × 2.3 (t/m³) = 9.2 × 10¹¹ 円
約1兆円である。現在の道路事業費の約半分をオーバーレイの材料費で占めることになってしまう。

以上の推定には、多くの問題があることは言うまでも

凡 例



注) ○内は政令指定都市を示す。

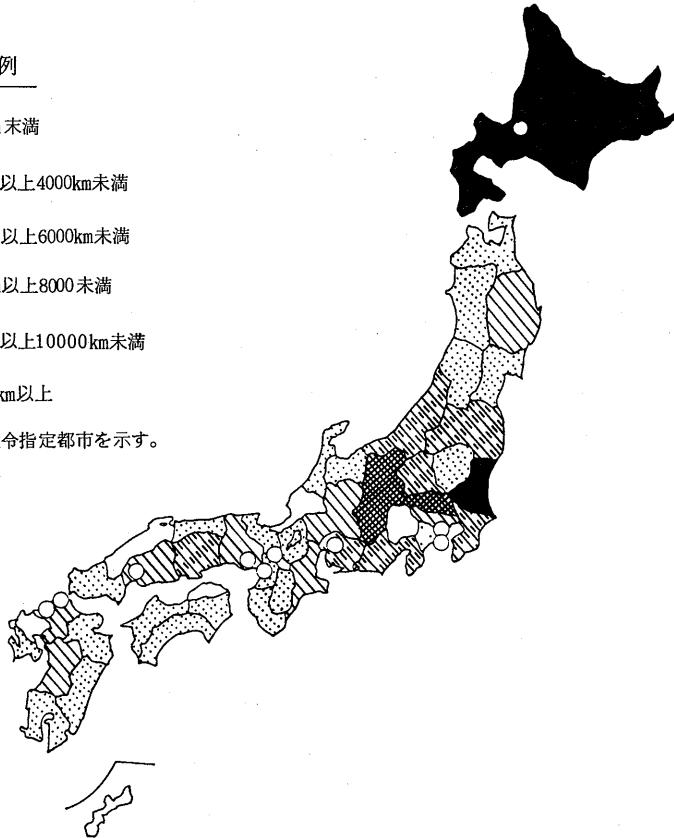


図-14 オーバーレイ延長の分布 (昭和75年度)

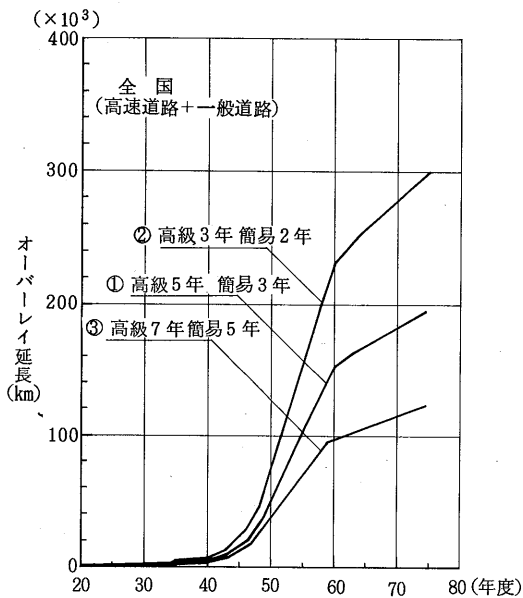


図-15 オーバーレイ延長の推定 (全国)

ないが、それにしても大変な予算が必要になることは衆目の一致するところであろう。また、必要にして充分な予算を確保することが無理であることも現状から容易に推定できる。したがって、与えられた予算をいかに有効に活用して舗装の機能を維持するかが、舗装技術者に与えられた今後の大きな課題となろう。すなわち、「維持管理システム」の開発である。

5. あとがき

全国的な規模ではもとより、県、市の単位でも維持管理システムを設計することは難事業である。官・民・学の一致協力態勢が必要であろう。なお、図-5以降の都道府県別のデータはいつでも提供できるようにファイルしてある。きわめてラフな推定法なのであまり参考にならないと思うが、興味のある担当者がおられたら御一報いただきたい。

参考文献

1. 道路統計年報，全国道路利用者会議，1983年版。
2. Marshall Committee Report Highway Maintenance ; Report of the Committee on Highway Maintenance, Her Majesty's Stationery Office, Her Majesty's Stationery Office, London, 1970.
3. Ralph Haas, W. Ronald. Hudson : Pavement Management Systems, Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY, 1978.
4. Fifth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Delft University of Technology, Netherlands. 1982.
5. Second International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields, Plymouth, England, 1986 (予定)
6. 宇野哲人：新修広辞典，集英社，1973.
7. 近藤次郎：システム工学，丸善，1981.
8. 中原啓一，三次 衛：システムズエンジニアハンドブック，オーム社，1982.
9. 阿部忠行：舗装管理システムについて—Pavement Management Systems の概要，アスファルト，No 122, pp. 1~12, 1980.
10. 竹田敏憲：舗装管理システムについて—Systems Analysis Method for Pavements, アスファルト，No 126, pp. 26~38, 1981.
11. 阿部忠行：舗装設計システム—VESYS II M について，アスファルト，No 118, pp. 26~34, 1979.
12. 大坪義治：研究グループ第17回報告，セッションIV 舗装管理システム，アスファルト，No 140, 1984.
13. 道路行政，建設省道路局 昭和58年度版。

會員研修會預告

1. 日 時 昭和59年10月19日（金）午前9時00分～16時30分
2. 見学先 ① 農林水産省農業土木試験場 TEL 02975-6-7504
（茨城県筑波郡谷田部町観音台2-1-2）
② 工業技術院広報センター TEL 0298-54-2101
（茨城県筑波郡谷田部町東1-1-4）

参加費 1名 2,000円(昼食・バス代を含む)

申込方法 郵便はがきにて、①第49回ゼミ申込、②会社名所属・氏名を明記の上申込のこと（折返し、参加受付の確認ハガキを送付致します。）

申 込 先：(社) 日本アスファルト協会

〒105 港区虎ノ門2-6-7 和孝第10ビル

申込期限：昭和59年9月30日

なお、申込者が複数になる場合は代表者の会社名所属・氏名及び合計人数を明記のこと。

参加人員 100 名（定員になり次第締切ります）

高崎工事々務所五十年

井 上 啓 一

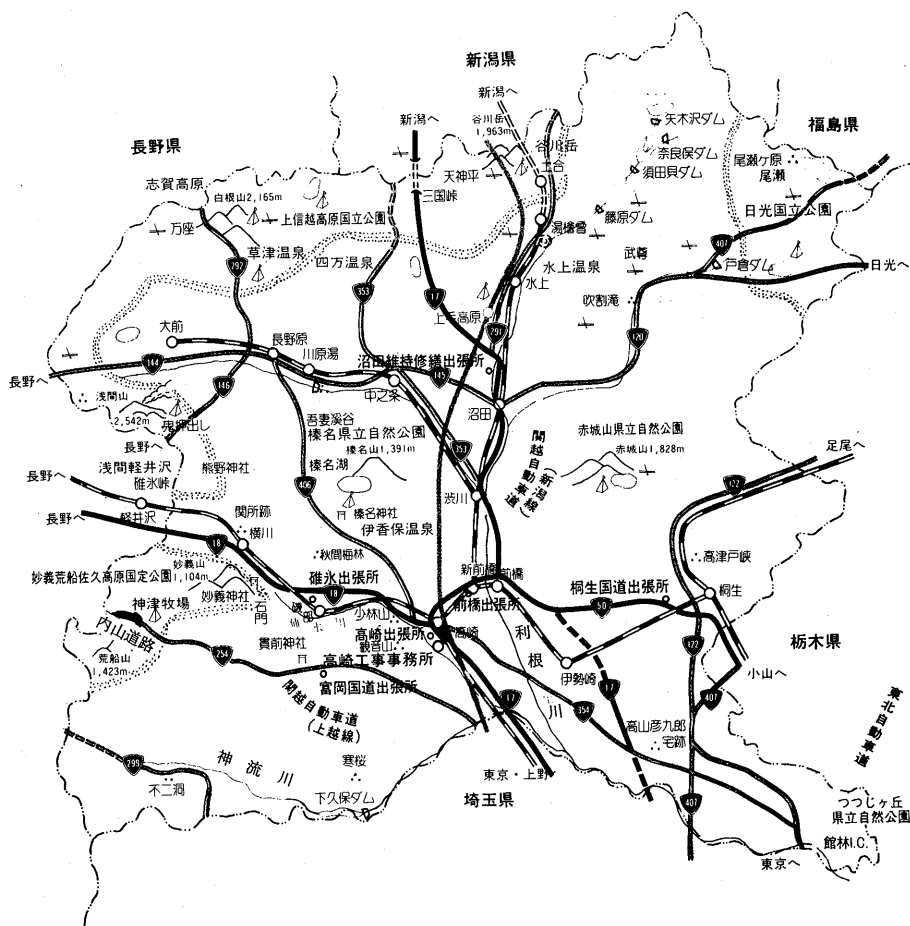
建設省関東地方建設局高崎工事々務所長

建設省高崎工事々務所は、昭和8年に内務省東京土木出張所、烏・神流川改修事務所として発足し、昨年事務所創立五十周年を迎えたところである。この間、昭和39年には、三国国道工事々務所を統合し、モータリゼーションの発展に伴い、事務所の業務のウェイトも道路が主体になってきている。現在、道路事業では、群馬県内の国道17号、18号、50号の維持、管理、ならびに改築を担

当するほか、国道254号の長野県との県境の未改良部分、内山道路の改築を担当している。

＜交通の要衝、群馬＞

群馬県は、今も昔も地理的に関東と信越を結ぶ交通の要衝として重要な役割を果たしてきている。古くは、東山道が、蝦夷との抗争の軍用道路として、又、鎌倉幕府



の時代には、鎌倉街道も開かれ、室町から戦国時代にかけていくつかの街道が戦略路として発達した。

江戸時代に入り、幕府は江戸を守るため多くの関所を設置し、西日本からの守りとして箱根と碓氷の二関が設けられた。碓氷の関所は1000年以上も前の平安時代に設けられている。

その他にも、中山道、三国街道、十石峠街道、尾瀬峠道、また日光への例幣使街道などに碓氷、猿ヶ京、戸倉、湯掛峠、大笹、狩宿、入山、大戸、杣、大渡、実正、福島、五科、砥沢、西牧、白井、川俣、伊香保、榛名と全国にも類のない程多くの関所や番所が置かれ、上州が江戸を中心とした交通の要衝であったことがうかがえる。

<国道17号と三国街道>

国道17号は、日本橋を起点に新潟市に至る延長332.2kmの本土横断の大動脈であるが、当事務所の管内は、埼玉県との県境の神流川の左岸より、三国トンネルを抜けた湯沢町三国までの90.4kmと深谷バイパスから分枝する大規模バイパスの上武道路の群馬県内の区間である。

この道路は、昔の三国街道で佐渡街道とも言われ、江戸と越後を結ぶ重要路線で、江戸時代には佐渡金山と江戸とがこの街道によって結ばれていた。三国峠は、上州信州、越後の三国の国境で、峠には赤城、諏訪、弥彦の各々の国の三神を祭る三国権現があり、又、沿道には昨今、フルムーンで人気沸騰の弘法大師が発見したと伝えられる三国の秘湯法師温泉もある。

新潟県境の三国トンネルを含む13kmの区間は、かつては未改良で関東と北陸とは、長野県を経由しなければ車での往来はできなかったが、三国国道工事事務所により昭和27年改築に着手され、昭和34年に開通し、関東と北陸を結ぶ大動脈となった。

昭和30年代後半からのモータリゼーションの発展に伴い、それまでの道路は狭隘となり、新町バイパス、倉賀野バイパス、高崎道路、高前バイパス、渋川バイパスと順次バイパスを供用してきており、前橋市街部まで、倉賀野バイパスの極く一部を残して4車化整備が、完成している。

現在は、昭和60年度に供用を目差して施工が進められている関越自動車道の新潟線のインターチェンジが直接国道17号に取り付く、渋川I.C.付近の拡巾工事及び

月夜野I.C.の取付く月夜野バイパスの工事を高速自動車道の供用に合わせるため全面的に展開中である。また、上武道路については、主要地方道伊勢崎一大間々線まで、さらに2.5kmの供用を目差して国鉄両毛線の跨線橋の工事等を進めている。

国道17号について、この他に、かねてから狭隘の沼田市街部の沼田バイパス、国道353号が交差し、渋滞で有名な子持村鯉沢の交差点を迂回する鯉沢バイパス、また、昭和52年には平行して走る国鉄上越線が崩落石による脱線転覆事故の起きた綾戸区間の綾戸道路、また、上武道路の交点から北へ渋川拡巾まで、利根川を渡河している板東橋を含む区間、等、いずれも早急に改築して行く必要のある区間を抱えているが、近年の予算状況は大変厳しく、このうち沼田バイパスについてようやく今年度から事業化が認められた。

一方、上武道路は国道17号の交通混雑を打開するため東京一大宮一前橋間に計画された大規模バイパス群の終点部のバイパスで、ルートは深谷バイパスの上武インターチェンジで深谷バイパスから分枝し、利根川を渡河して、伊勢崎市の東側を通過し、国道50号と前橋市東部で交差し前橋市北部の田口町で現道に取りつく計画になっており、尾島町～伊勢崎市内が昭和46年に、また、前橋市内の国道50号までが昭和58年に都市計画決定され、現在、国道354号から主要地方道伊勢崎一桐生線までの10.5kmが、暫定2車線で供用している。

<三国峠と雪害対策>

国道17号の北橋村から及び子持村綾戸から三国トンネルの出口の立岩橋までのそれぞれ58.4km及び39.5kmは、寒冷地域ならびに積雪地域に指定され、新治村猿ヶ京に除雪基地を設けて除雪及び路面凍結防止の薬剤散布を行い冬期の交通確保に努めている。

又、新治村からの12kmは標高約600mから、トンネル部の標高1,084mまで一気に昇り、地形も急峻で異常気象時の通行規制区間に指定され、連続雨量150mm以上で通行止の措置をとることになっている。

又、三国峠付近は表日本と裏日本の丁度境界に当り、気候も、峠をはさんで一変し、川端康成の小説の如く、群馬側では青空が見えていても「トンネルを出ると雪だった。」と言うようなことがしばしば起る。そこで、道

路利用車に道路情報を伝達するため、従来からのA型情報版を設置すると同時に、峠をはさんで両側に、長岡国道工事々務所と共同で全国に先がけカーラジオを利用した路側放送システムをこの地域に採用している。

全国各地とも今冬は、異常寒波に襲われ道路管理面で大変だったようだが、この三国峠も、未曾有の豪雪であった。昨年11月20日には積雪13cmとなり、1月に1回、2月に2回、交通止を余儀なくされた。三国峠で最大積雪深280cm、日最大降雪量75cm、3月末までの累積積雪深1203cm、降雪日数83日と記録づくめの豪雪であった。

舗装に目をむけて見ると、この区間については、冬期のチェーンやスパイクタイヤによって舗装の痛みがはげしく、平地部の舗装に比べ半分程度しか持たない。平地部では、9年から10年で、修繕工事を行なっているのに対し、新三国大橋から上では4年に1度の割合で修繕工事を行わなければならない、この区域より下の区間でも状況に応じて修繕工事が必要となっている。岩本～新治付近は6年に1度程度の頻度になっている。当事務所では平地部では密粒度アスファルトコンクリート(13)を用いているのに対し沼田の郡界橋から上の区間については、積雪寒冷地であることを考慮して密粒度ギャップアスファルトコンクリート(13F)を用いている。

＜昔、中山道、今18号＞

国道18号は、高崎市並榎町の国道17号と交差する並榎インターチェンジを起点に、安中市、松井田町を通り、入山峠(旧道は碓氷峠)を越え、長野県の軽井沢に至り、上田市、長野市等を経て新潟県上越市を終点とする国道で、当事務所の担当は、群馬県内の有料道路である碓氷バイパス区間を除く、30.2kmの区間である。

国道18号の沿道は、中山道の宿場町として発達した街が形成されており、今でも残る安中の杉並木など見てもわかるように道巾が狭くモータリゼーションの発展に伴い、交通混雑が著しくなった。そのため、30年代の初めより順次、原市バイパス、板鼻バイパス、安中バイパス、碓氷バイパス、松井田バイパスと整備し、近年は豊岡バイパスの改築に勢力的に取り組んでいる。また、豊岡バイパスに続く高崎・安中道路についても、この五月に都市計画変更され、中山道を忍ばせる豊岡の一里塚を含む区間の改築の準備を進めている。

＜高速道路と国道の接続＞

この18号は軽井沢等長野県のリゾートにマイカーで行かれる方々によって多く利用されているが、一昨年末で関越道とこの18号の接続がわかりにくいという声を耳にする。

関越道で東京方面から来られると長野方面は、藤岡インターチェンジに誘導され、17号を経て並榎インターチェンジを経て18号に入るようになっているが、長野方面から東京方向に向う車は、18号の豊岡で高崎環状線に誘導し、17号高前バイパスを経て関越道の前橋インターチェンジから関越道にのよう標識になっていた。このような通り方が、一番混雑せずに走れ、又、高崎市内の混雑を防ぐことで関越道開通時に、当事務所や公団、警察で相談の上決めたとのことで大変よいのであるが、行きと帰りで通るインターチェンジが異なること、又、昔から、鉄道でも車でも長野方面に行くときは高崎を通ると思いついてドライバーが多く、関越道に高崎インターチェンジから乗ろうとして迷うことになったのではないかと想像される。このようなことから標識を検討し、18号を上ってきた時に、一つの標識を見過しても、最寄りのインターチェンジに行き着けるよう道路公団に案内標識をつけていただいた。改善の効果が表われたのか、又はドライバーが慣れてきたのか、直接は苦情を耳になくなったが、案内標識は、ドライバーの土地勘や心理面まで関係するので満足するものにすることは大変むずかしいことが改めて認識させられた。

＜おわりに＞

当事務所は、ここに紹介した他、50号、254号内山道路の整備等、群馬県内の道路網の骨格となる主要な国道の整備や、北関東横断道路の調査をはじめとする調査等に取り組んでいる。昭和60年の関越道新潟線の供用等、群馬県も、高速道時代に突入し、道路交通の状況も増々発展し、変化していくものと思われるが、時代に即応した道路行政を志し、群馬県の発展に寄与して行こうと考えている。

配合設計 (Mix design)

配合設計とはアスファルト混合物が所定の粒度範囲や品質基準を満足するように、骨材の配合率やアスファルト量などを検討して決めることをいう。通常はマーシャル安定度試験によってこれらを検討するが、最近ではホイールトラッキング試験やラベリング試験をマーシャル試験と同時に実施して総合的に検討する場合もある。

アスファルト混合物（以下アスコン）の配合設計方法は昭和36年版要綱、同42年版要綱、および同53年版要綱でそれぞれ次のように改訂されてきている。

- (1) 昭和36年版要綱では、(イ)密度が最大になるアスファルト量 (ロ)安定度が最大になるアスファルト量 (ハ)空げき率および飽和度の中央値に相当するアスファルト量、の平均値から最適アスファルト量を決める。ただし、突固め回数は75回で実施する。
- (2) 昭和42年版要綱では、突固め回数を75回から50回に変え、アスファルト量はマーシャル性状の共通範囲の中央値で決める。
- (3) 昭和53年版要綱では、共通範囲の中央値でアスファルト量を決め、さらに、VMA（骨材間隔率）やS/F（マーシャル安定度/フロー値）の曲線を利用してアスファルト量を修正する。

ここで、VMAが極大点となる部分は、現地でのわだち掘れ量が最小となる点と対応関係があることを利用したものである。

代表的な混合物の配合設計におけるアーシャル性状は表1のとおりである。

表-1 配合設計例

	突固め回数	密度 g/cm ³	空げき率 %	骨材間隔率 %	飽和度 %	安定度 kg	フロー値 1/100 cm	アスファルト中央値 %	安定度/フロー値 S/F	個数
粗粒度アスコン 20mm	平均 標準偏差	50.0 0.07	2.38 0.78	4.72 1.91	16.33 8.39	70.90 189.03	31.75 5.46	5.15 0.27	27.73 12.87	500
密粒度アスコン 20mm	平均 標準偏差	50.0 0.06	2.36 0.80	3.79 1.54	17.29 10.35	855.59 186.75	31.97 4.75	5.95 0.31	28.64 23.59	230
密粒度アスコン 13mm	平均 標準偏差	50.0 0.06	2.36 1.51	3.90 1.51	17.39 10.10	77.59 212.89	32.39 4.75	6.12 0.24	28.87 20.54	651
密粒度アスコン 13mm F	平均 標準偏差	50.0 0.05	2.36 0.63	3.66 0.68	17.39 18.70	894.68 219.31	32.93 3.16	6.02 0.17	27.61 8.02	28
密粒度アスコン 20mm キャップタイプ	平均 標準偏差	50.0 0.05	2.36 0.88	3.90 0.80	17.29 4.65	953.31 130.25	32.69 3.85	5.78 0.37	29.64 5.76	16
密粒度アスコン 13mm キャップタイプ	平均 標準偏差	50.0 0.23	2.48 0.55	3.28 1.27	16.29 2.56	80.57 176.85	28.92 4.57	5.56 0.76	28.72 5.84	13
細粒度アスコン 13mm	平均 標準偏差	50.0 0.05	2.32 0.93	4.31 1.44	19.56 7.35	78.09 199.41	31.02 4.82	6.89 0.54	27.79 20.63	251
細粒度アスコン 13mm F	平均 標準偏差	50.0 0.05	2.31 1.05	3.99 2.21	19.34 4.54	80.32 165.60	32.89 4.59	7.14 0.44	23.18 5.51	64

5t 換算累積輪数

アスファルト舗装の寿命である供用予定期間約10年の間に通過する全輪数を5t 輪荷重に換算した数のことをいう。

アスファルト舗装の構造は、路床土の強さを表わす設計CBRと大型車交通量をを用いた次式でもとめるHとT_Aを満足しなければならぬことにしている。

$$H = \frac{28.0 N^{0.1}}{CBR^{0.6}} \quad (1), \quad T_A = \frac{12.5 N^{0.16}}{CBR^{0.3}} \quad (2)$$

ここでHは舗装厚 (cm), T_Aは舗装厚を全て表・基層用加熱アスファルト混合物で設計した時の必要厚さ (cm), CBRは路床土の設計CBRを示す。

(1)および(2)式は昭和50年版の要綱まではそれぞれ、(3)および(4)式で表わされており、設計輪荷重と5t 換算累積輪数の間には(5)式の関係がある。これらを表示すると表1のようになる。

$$H = \frac{58.5 P^{0.4}}{CBR^{0.6}} \quad (3), \quad T_A = \frac{12.5 P^{0.64}}{CBR^{0.6}} \quad (4)$$

$$\left(\frac{P}{5}\right)^4 \times 10^6 = N \times a \times 365 \times 10 \quad (5)$$

ここでPは輪荷重, aは5年後の交通量の伸び率を表わす。

設計輪荷重による構造設計が、5t 換算累積輪数による構造設計に変わった背景には、第29回建設省技術研究会の結論が反映させているといえる。すなわち、舗装寿命とオーバーレイ厚に関する調査では、アスファルト舗装のオーバーレイ前の供用年数は7～9年にピークがあり、この間の累積大型車交通量は約200×10⁴～700×10⁴ 台に対してしている。一方、セメントコンクリート舗装では、13～15年にピークがあり、累積大型車交通量は約1000×10⁴ 台になっている。アスファルト舗装の場合、C交通区分で平均1500台/日とすれば、先の交通量は平均的に約10年間に相当し、設計寿命が妥当であると考えられる。この

ようなことから、オーバーレイを行うまでの限界交通量を寿命と考える方が、年数の考え方より合理的であることから、とり入れられたところである。

表-1 大型車交通量と5t 換算輪数

交通量区分	5年後の大型車交通量 (台/日・1方向)	設計輪荷重 (t)	5t 換算輪数 (10 ⁴ 輪/1方向)	5t 換算輪数 (台/日・1方向)	大型車1台当りの5t換算輪数
L	100未満	2	5	8	0.08
A	100～250	3	15	40	0.16～0.41
B	250～1,000	5	100	270	0.27～1.10
C	1,000～3,000	8	700	1,900	0.64～1.92
D	3,000以上	12	3,500	9,600	3.20

(小島逸平 熊谷道路株式会社)

フラスゼい化点 (Fraass breaking point)

アスファルトのフラス破壊点とも呼ばれ、アスファルトが低温において硬くなり、もろくなる現象をぜい化というが、このアスファルトがもろくなる温度の指標となるものがフラスゼい化点である。試験は薄い鋼版（ $20 \times 41 \times 0.15$ mm）の片面に試料アスファルトを約0.4 mmの厚さに塗布した後、この鋼版を毎分1℃の速度で冷却しながら、一定曲率で繰り返し曲げて、試料アスファルトに初めてき裂が発生したときの温度をぜい化点とするものである。試験法の詳細はJIS K 2207（石油アスファルト）に規定されている。

フラスゼい化点は、アスファルトの種類、原油及び製造方法などによって異なる。ストレートアスファルトの場合、針入度の大きいものほど、また同一針入度級では針入度指数（P.I.）の高いものほど、フラスゼい化点は低温側に移行する。一般に舗装用アスファルトでは-10℃前後であるが、建物の防水に用いられる防水工事用アスファルト（三種）では-15℃以下と規定されている。フラスゼい化点温度におけるアスファルトの粘度はほぼ 4×10^9 ポアズで、また载荷時間11秒で約 10^8 N/m²（ 10^3 kg/cm²）のスティフネスに相当する等スティフネス温度（equistiffness temperature）を示すといわれている。

フラスゼい化点は西ドイツなど主としてヨーロッパ諸国で、舗装用アスファルトの品質規格にも取り入れられているが、日本ではJIS K 2207（石油アスファルト）の中で、防水工事用アスファルトの品質規格に採用されている。

タフネス—テナシティ (Toughness—Tenacity)

タフネス—テナシティ試験は、ゴム添加によるアスファルトの凝集力、付着力などの粘弾性的な物性の改良効果を測定する方法として、1955年にJ.R. Benson（ベンソン）が提案したものである。試験の概要は直径2 cmの金属製半球を、球面を下にして規定容器のアスファルト試料中に埋め、これを25℃、引張速度50 cm/分で引抜くとき半球にかかる荷重を縦軸に、変位を横軸に記録する。（図参照）この荷重・変位曲線では、先ず金属半球が試料から引抜かれる時の荷重が高い山形で表され、次いで試料が細く引伸ばされるにつれ、荷重は減少し、変位量が增大するため、山のすそのができる。このすその部分を含んだ山形全体の面積をタフネスと呼び、アスファルトが半球をは握する力に対応する。山のすその部分の面積をテナシティと呼び、アスファルトの大きな変形に対する粘結性を表す。

タフネス、テナシティの値は、添加するゴムの種類や添加量、またアスファルトとゴムの相溶性の観点から原料アスファルトの種類などに大きく影響される。ストレートアスファルト60～80のタフネスは約40 kg・cm、テナシティは8 kg・cm前後であるが、プレミックスタイプのゴム入りアスファルト60～80では、それぞれ60 kg・cm、30 kg・cm前後の値を示す。プラントミックスタイプのゴム入りアスファルトの場合には、原料に用いたストレートアスファルトの性状と対比して、タフネス値の増加を15 kg・cm以上及びテナシティの増加を8 kg・cm以上とすることを目安としている。（アスファルト舗装要綱参照）

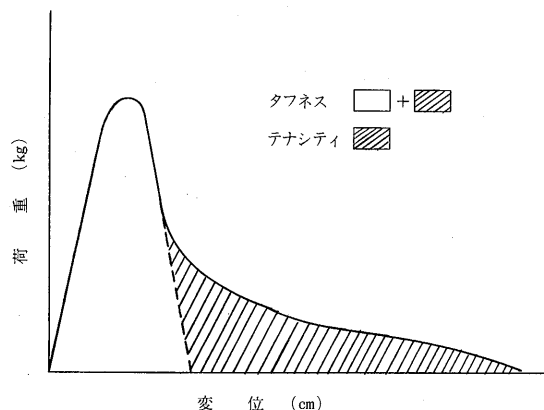
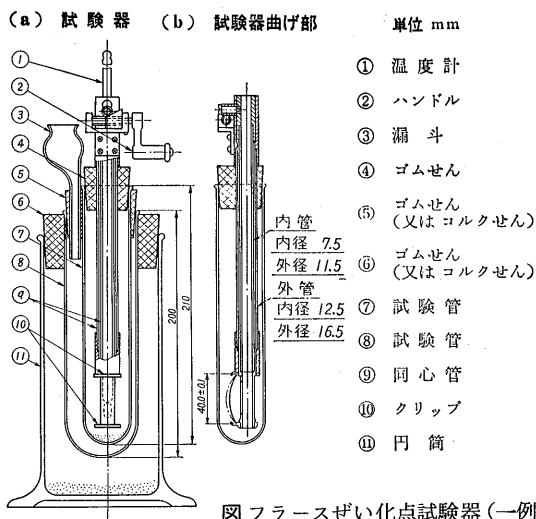


図 タフネス—テナシティ試験の荷重変位曲線

(井町弘光 シェル興産㈱中央研究所)

＜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 比 度 比	輸 入	合 計	内 需	対 前 年 比 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
52 年 度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53 年 度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54年度上期	297	2,624	(98.6)	0	2,921	2,576	(97.7)	0	2,576	348	2,924
54年度下期	348	2,440	(95.0)	1	2,789	2,562	(99.2)	2	2,564	236	2,800
54 年 度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55年度上期	236	2,374	(90.5)	0	2,610	2,323	(90.2)	12	2,335	278	2,613
55年度下期	278	2,346	(96.1)	1	2,625	2,380	(92.9)	9	2,389	240	2,629
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
56年度上期	240	2,244	(94.5)	0	2,484	2,215	(95.4)	5	2,220	266	2,486
56年度下期	266	2,354	(100.3)	0	2,620	2,347	(98.6)	14	2,361	226	2,587
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57年度上期	228	2,149	(95.8)	0	2,377	2,130	(96.2)	8	2,138	240	2,378
12月	215	423	(101.4)	0	638	465	(107.6)	0	465	172	637
10～12月	240	1,298	(103.8)	0	1,538	1,353	(107.6)	2	1,355	172	1,527
1 月	172	309	(105.1)	0	481	263	(115.4)	1	264	217	481
2 月	217	360	(116.9)	0	577	326	(103.5)	0	326	251	577
3 月	251	499	(99.3)	0	750	529	(96.8)	7	536	213	749
1～3月	172	1,167	(105.7)	0	1,339	1,118	(102.7)	8	1,126	213	1,339
57年度下期	240	2,466	(104.8)	0	2,706	2,471	(105.3)	10	2,481	213	2,694
57 年 度	228	4,561	(99.2)	0	4,789	4,545	(99.6)	18	4,563	213	4,776
58. 4 月	213	426	(105.4)	0	639	368	(117.6)	0	368	271	639
5 月	271	342	(108.2)	0	613	339	(113.0)	0	339	277	616
6 月	277	329	(104.1)	0	606	379	(105.9)	0	379	232	611
4～6月	213	1,097	(105.9)	0	1,310	1,086	(111.8)	1	1,087	232	1,319
7 月	232	410	(107.6)	0	642	410	(104.1)	1	411	229	640
8 月	229	463	(130.1)	0	692	425	(111.8)	1	426	259	685
9 月	259	418	(111.2)	0	677	435	(113.0)	0	435	241	676
7～9月	232	1,291	(116.0)	0	1,523	1,271	(109.7)	2	1,273	241	1,514
58年度上期	213	2,388	(111.1)	0	2,601	2,581	(108.6)	3	2,584	241	2,825
10月	241	465	(100.6)	0	706	472	(103.1)	0	472	238	710
11月	238	456	(110.4)	0	694	489	(113.7)	0	489	205	694
12月	205	485	(114.7)	0	690	469	(100.9)	0	469	220	689
10～12月	241	1,406	(108.3)	0	1,647	1,430	(121.7)	0	1,430	220	1,650
1 月	220	313	(101.3)	0	533	248	(94.3)	0	248	281	529
2 月	281	314	(87.2)	0	595	302	(92.6)	0	302	289	591
3 月	289	522	(104.6)	0	811	585	(110.6)	1	586	226	812
1～3月	220	1,149	(98.5)	0	1,369	1,135	(101.5)	1	1,136	226	1,362
58年度下期	241	2,555	(103.6)	0	2,796	2,565	(103.8)	1	2,566	226	2,792
58 年 度	213	4,943	(108.4)	0	5,156	5,146	(113.2)	4	5,150	226	5,376

〔注〕 (1)通産省エネルギー統計月報 59年3月確報
(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

＜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 年月	内 需 量					構 成 比					対 前 年 度 比				
	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計
	一般用	工業用	計			一般用	工業用	計			一般用	工業用	計		
52 年 度	4,242	235	4,477	288	4,765	89.0	4.9	93.9	6.1	100.0	116.9	112.4	116.6	109.1	116.1
53 年 度	4,638	267	4,905	313	5,218	88.9	5.1	94.0	6.0	100.0	109.3	113.6	109.6	108.7	109.5
54年度上期	2,309	100	2,409	167	2,576	89.6	3.9	93.5	6.5	100.0	98.0	74.3	96.7	115.2	97.8
54年度下期	2,311	75	2,386	176	2,562	90.2	2.9	93.1	6.9	100.0	101.2	57.3	98.8	104.8	99.2
54 年 度	4,620	175	4,795	343	5,138	89.9	3.4	93.3	6.7	100.0	99.6	65.5	97.8	109.6	98.5
55年度上期	2,099	87	2,186	137	2,323	90.4	3.7	94.1	5.9	100.0	90.9	87.0	90.7	82.0	90.2
55年度下期	2,134	96	2,230	150	2,380	89.7	4.0	93.7	6.3	100.0	92.3	128.0	93.5	85.2	92.9
55 年 度	4,233	183	4,416	287	4,703	90.0	3.9	93.9	6.1	100.0	91.6	104.6	92.1	91.5	91.5
56年度上期	1,977	103	2,080	135	2,215	89.3	4.7	93.9	6.1	100.0	94.2	118.4	95.2	98.5	95.4
56年度下期	2,105	103	2,208	139	2,347	89.7	4.4	94.1	5.9	100.0	98.6	107.3	99.0	92.7	98.6
56 年 度	4,082	206	4,288	274	4,562	89.5	4.5	94.0	6.0	100.0	96.4	112.6	97.1	95.5	97.0
57年度上期	1,867	140	2,007	123	2,130	87.7	6.5	94.2	5.8	100.0	94.4	135.9	96.5	91.1	96.2
12月	398	43	441	23	464	85.8	9.2	95.0	5.0	100.0	102.6	204.8	107.8	100.0	107.4
10～12月	1,177	105	1,282	70	1,352	87.0	7.8	94.8	5.2	100.0	103.1	228.3	107.9	100.0	107.5
1 月	197	43	240	23	263	74.9	16.4	91.3	8.7	100.0	106.5	226.3	117.6	95.8	115.4
2 月	260	44	304	22	326	79.8	13.5	93.3	6.7	100.0	94.2	275.0	104.1	95.7	103.5
3 月	470	39	509	20	529	88.8	7.4	96.2	3.8	100.0	93.6	177.3	97.1	90.9	96.9
1～3月	927	126	1,053	65	1,118	82.9	11.3	94.2	5.8	100.0	96.3	221.1	103.2	106.2	102.7
57年度下期	2,104	231	2,335	135	2,470	85.2	9.3	94.5	5.5	100.0	100.0	224.3	105.8	97.1	105.2
57 年 度	3,971	371	4,342	258	4,600	86.3	8.1	94.4	5.6	100.0	97.3	180.1	101.3	94.2	100.8
58. 4 月	304	44	348	19	367	82.8	12.0	94.8	5.2	100.0	113.0	183.3	118.8	95.0	117.3
5 月	274	45	319	19	338	81.1	13.3	94.4	5.6	100.0	107.0	180.0	113.5	100.0	112.7
6 月	307	52	359	20	379	81.0	13.7	94.7	5.3	100.0	96.8	236.4	105.9	105.3	105.9
4～6月	885	142	1,027	59	1,086	81.5	13.1	94.6	5.4	100.0	105.1	200.0	112.5	101.7	111.8
7 月	341	50	391	20	411	83.0	12.2	95.1	4.9	100.0	98.3	200.0	105.1	90.9	104.3
8 月	344	61	405	20	425	80.9	14.4	95.3	4.7	100.0	101.8	277.3	112.5	100.0	111.8
9 月	347	66	413	22	435	79.7	15.2	94.9	5.1	100.0	102.1	300.0	114.1	95.7	113.0
7～9月	1,032	177	1,209	62	1,271	81.2	13.9	95.1	4.9	100.0	100.7	256.5	110.5	95.4	109.7
58年度上期	1,917	319	2,236	121	2,357	81.3	13.6	94.9	5.1	100.0	102.7	227.9	111.4	98.4	110.7
10月	394	56	450	22	472	83.4	11.9	95.3	4.7	100.0	97.8	180.6	103.7	91.7	103.1
11月	412	52	464	25	489	84.3	10.6	94.9	5.1	100.0	109.6	167.7	114.0	108.7	113.7
12月	369	77	446	23	469	78.7	16.4	95.1	4.9	100.0	92.7	179.1	101.1	100.0	101.1
10～12月	1,175	185	1,360	70	1,430	82.2	12.9	95.1	4.9	100.0	99.8	176.2	106.1	100.0	105.8
1 月	156	71	227	21	248	62.9	28.6	91.5	8.5	100.0	79.2	165.1	94.6	91.3	94.3
2 月	213	67	280	21	301	70.8	22.2	93.0	7.0	100.0	81.9	152.3	92.1	95.5	92.3
3 月	489	75	564	21	585	83.6	12.8	96.4	3.6	100.0	104.0	192.3	110.8	105.0	114.9
1～3月	858	213	1,071	63	1,134	75.7	18.8	94.5	5.5	100.0	92.6	169.0	101.7	96.9	101.4
58年度下期	2,033	398	2,431	133	2,564	79.3	15.5	94.8	5.2	100.0	96.6	172.3	104.1	98.5	103.8
58 年 度	3,950	717	4,667	254	4,921	80.3	14.5	94.8	5.2	100.0	99.5	193.3	107.5	98.4	107.0

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 59年3月確報

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

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

(4)工業用ストレート・アスファルトに燃焼用アスファルトを含む。

(5)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
アジア石油株式会社	(104) 東京都中央区八重洲2-4-1	03 (277) 6460
大協石油株式会社	(104) 東京都中央区八重洲2-4-1	03 (274) 5211
エッソ石油株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03 (585) 9438
富士興産株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 3571
富士石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03 (211) 6531
出光興産株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内3-1-1	03 (213) 3111
鹿島石油株式会社	(102) 東京都千代田区紀尾井町3-6	03 (265) 0411
興亜石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町2-6-2	03 (270) 7651
共同石油株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03 (593) 6118
極東石油工業株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03 (270) 0841
丸善石油株式会社	(107) 東京都港区赤坂6-1-20	03 (588) 9611
三菱石油株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-2-4	03 (595) 7412
モービル石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03 (244) 4359
日本アスファルト株式会社	(102) 東京都千代田区平河町2-7-6	03 (234) 5021
日本鉱業株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門2-10-1	03 (582) 2111
日本石油株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (502) 1111
日本石油精製株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (202) 1111
三共油工業株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-2	03 (284) 1911
西部石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-1-3	03 (215) 3081
シェル石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03 (580) 0111
昭和石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03 (231) 0311
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1-12-1	03 (211) 1411
東亜燃料工業株式会社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03 (213) 2211
東北石油株式会社	(985) 宮城県仙台市港5-1-1	02236 (5) 8141

〔ディーラー〕

● 北海道

アサヒレキセイ(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通西10-4	011 (281) 3906	日 ア ス
中西瀝青(株)札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2895	日 石
(株)南部商会札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7587	日 石
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西12	011 (231) 5931	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) 3976	丸 善
東光商事(株)札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011 (261) 7957	三 石
(株)トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2361	共 石
蔦井石油株式会社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2771	丸 善

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
アサヒレキセイ 仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222 (66) 1101 日 アス
木畑商会 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (22) 9203 共 石
株式会社 亀井商店	(980-91) 宮城県仙台市国分町3-1-18	0222 (64) 6077 日 石
宮城石油販売株式会社	(980) 宮城県仙台市東7番丁102	0222 (57) 1231 三 石
中西瀝青 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-30	0222 (23) 4866 日 石
南部商会 仙台出張所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (23) 1011 日 石
有限会社 男鹿興業社	(010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852 (3) 3293 共 石
菱油販売 仙台支店	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-1	0222 (25) 1491 三 石
正興産業 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-5	0222 (63) 5951 三 石
竹中産業 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252 (46) 2770 シェル
常盤商事 仙台支店	(980) 宮城県仙台市上杉1-8-19	0222 (24) 1151 三 石
● 関 東		
アサヒレキセイ 株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8011 日 アス
朝日産業 株式会社	(103) 東京都中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (669) 7878 日 アス
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03 (553) 3001 シェル
富士興産アスファルト株式会社	(107) 東京都港区赤坂1-5-11	03 (585) 7601 日 アス
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2891 丸 善
富士石油販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-12	03 (274) 2061 共 石
富士油業 東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03 (478) 3501 日 アス
伊藤忠燃料株式会社	(107) 東京都港区赤坂2-17-22	03 (584) 8555 共 石
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0161 シェル
株式会社 木畑商会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3191 共 石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03 (363) 8231 出 光
丸紅石油株式会社	(102) 東京都千代田区九段北1-13-5	03 (230) 1131 モービル
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 6290 三 石
三井物産石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田駿河台4-3	03 (293) 7111 極 東 石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-1	03 (272) 3471 日 石
株式会社 南部商会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03 (213) 5871 日 石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-8-3	03 (551) 6101 シェル
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4	03 (915) 7151 昭 石
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03 (271) 7691 出 光
菱東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区八重洲2-7-16	03 (281) 2030 三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座6-7-18	03 (571) 5921 三 石
菱油販売株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿1-20-2	03 (348) 6241 三 石
三徳商事 東京支店	(101) 東京都千代田区神田紺屋町11	03 (254) 9291 昭 石
新日本商事株式会社	(101) 東京都千代田区神田錦町2-7	03 (294) 3961 昭 石
住商石油アスファルト株式会社	(160-91) 東京都新宿区西新宿2-6-1	03 (345) 3904 出 光
大洋商運株式会社	(103) 東京都中央区日本橋本町3-7	03 (245) 1632 三 石
竹中産業株式会社	(101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5	03 (251) 0185 シェル
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03 (274) 2751 三 石
株式会社 トーアス	(160) 東京都新宿区西新宿2-7-1	03 (342) 6391 共 石
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-13-4	03 (591) 3401 日 アス

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (496) 8691 日 アス
東新瀝青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-5	03 (273) 3551 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (552) 8151 日 アス
東和産業株式会社	(174) 東京都板橋区坂下3-29-11	03 (968) 3101 共 石
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区揚場町9	03 (269) 7541 丸 善
ユニ石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1	03 (503) 4021 シェル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6411 昭 石
● 中 部		
アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1111 日 アス
丸 福 石 油	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860 シェル
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡町ト25	0762 (21) 6121 三 石
三谷商事株式会社	(910) 福井県福井市中央3-1-5	0776 (20) 3111 モービル
名古屋富士興産販売(株)	(451) 名古屋市中区城西4-28-11	052 (521) 9391 日 アス
中西瀝青(株)名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011 日 石
三徳商事(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781 昭 石
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721 日 アス
株式会社 沢 田 商 会	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7151 丸 善
新東亜交易(株)名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3514 三 石
静岡鉱油株式会社	(424) 静岡県清水市袖師町1575	0543 (66) 1195 モービル
竹中産業(株)福井営業所	(910) 福井県福井市大手2-4-25	0766 (22) 1565 シェル
株式会社 田中石油店	(910) 福井県福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721 昭 石
富安産業株式会社	(930-11) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298 共 石
● 近 畿		
赤馬瀝青工業株式会社	(531) 大阪市大淀区中津3-10-4-304	06 (374) 2271 モービル
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区南堀江4-17-18	06 (538) 2731 日 アス
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5531 三 石
飯野産業(株)神戸営業所	(650) 神戸市中央区江戸町98	078 (391) 8965 共 石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195 日 アス
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1-43	06 (252) 5856 日 アス
木曾通産(株)大阪支店	(550) 大阪市西区九条南4-11-12	06 (581) 7216 日 アス
株式会社 松 宮 物 産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	07492 (3) 1608 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) 8073 丸 善
三菱商事(株)大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜1-1-5	06 (343) 1111 三 石
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町甲14	0792 (85) 2551 共 石
中西瀝青(株)大阪営業所	(532) 大阪市淀川区西中島3-18-21	06 (303) 0201 日 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市大淀区豊崎5-8-2	06 (372) 0031 出 光
株式会社 菱 芳 砥 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 共 石
菱油販売(株)大阪支店	(550) 大阪市西区新町1-4-26	06 (534) 0141 三 石
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551 昭 石
正興産業株式会社	(662) 兵庫県西宮市久保町2-1	0798 (22) 2701 三 石
(株)シェル石油大阪発売所	(552) 大阪市港区南市岡1-11-11	06 (584) 0681 シェル
梅本石油(株)大阪営業所	(550) 大阪市西区新町1-12-23	06 (351) 9064 丸 善

社 名	住 所	電 話
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 共 石
アサヒレキセイ(株)広島支店	(730) 広島市中区中町5-9	0822 (44) 6262 日 アス
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稲荷町6539	08368 (3) 3210 シェル
共和産業株式会社	(700) 岡山県岡山市蕃山町3-10	0862 (33) 1500 共 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051	0864 (73) 0350 日 アス
● 四 国・九 州		
アサヒレキセイ(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7436 日 アス
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3625 丸 善
平和石油(株)高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 シェル
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 共 石
入交産業株式会社	(780) 高知市大川筋1-1-1	0888 (22) 2141 三 石
伊藤忠燃料(株)福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (444) 8353 共 石
株式会社 カ ソ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 シェル
中西瀝青(株)福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
(株)南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5	092 (721) 4838 日 石
西岡商事株式会社	(764) 香川県仲多度郡多度町家中3-1	08773 (3) 1001 三 石
菱油販売(株)九州支店	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 日 アス
三陽アスファルト株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 日 アス

編集顧問

多田宏行
萩原 浩
松野三朗

編集委員

阿部忠行	太田健二	戸田 透	真柴和昌
荒井孝雄	河野 宏	中島守博	吉兼秀典
飯島 尚	小島逸平	南雲貞夫	
今井武志	真山治信	林 誠之	
井町弘光	白神健児	藤井治芳	

アスファルト 第140号

昭和59年8月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 27 No. 140 AUGUST 1984

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION