

アスファルト

第29巻 第150号 昭和62年1月発行

150

特集・積雪・寒冷地域における舗装

特集にあたって	土屋雷藏	1
積雪・寒冷地域の特性	寺田章次	4
構造設計と使用材料	熊谷茂樹	12
積雪寒冷地における舗装の施工	間所貢	23
積雪寒冷地における舗装の維持・修繕	間所貢	30
冬期にスパイクタイヤなどの交通荷重を 受ける舗装の留意点	渡辺茂樹	37
私の北海道舗装史抄	松尾徹郎	43

フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針(案)について

河野宏	46
アスファルト舗装技術研究グループ・第25回報告	54
「第2回・舗装の支持力に関する国際会議」	55
"2nd International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields"	
発表論文の概要	
<工事事務所長シリーズ・その31>	
"かく"こと	宮下武 75
<用語の解説>	
アスファルトフェーシング	小島逸平 77
アスファルト中のワックス分	井町弘光 78
<協会だより>	79
<統計資料> 石油アスファルト需給統計資料	80

ASPHALT

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

特集にあたって

土屋雷蔵
北陸建設弘済会専務理事

1. 積雪寒冷地域の道路舗装

わが国における冬季気象の特色は、シベリア寒気団と南からの暖かい海流が会う地理的な条件のために、日本海側の降水量が極めて多いことである。これらの多くは、雪として陸地に降るため、世界的にも類のない多雪地帯を形成している。

自動車交通の進展に伴って道路整備が急速に進められ、積雪寒冷地域にあっても、除雪をして交通を確保することが重要な仕事となつたのであるが、十数メートルにも及ぶ降雪量をもたらす冬季の交通確保のための技術は、従来余り発達していなかつた。

しかし、昭和38年1月に、北陸地方を襲った豪雪は、道路除雪事業を量及び質の面で大きく変革をもたらす大事件であり、以来、道路整備の伸長、除雪技術及び除雪機械の進歩と共に除雪事業は著しく拡大された。

このように道路の改良・舗装が進み、除雪事業が拡大されて、冬季の自動車交通が、確保されてくるにしたがつて、積雪寒冷地域の道路管理者は、除雪された道路を走る自動車によって、新しい問題に直面することとなつたのである。すなわち、除雪された舗装路面を走る車のタイヤチェーンやスパイク・タイヤによって、舗装の著しい摩耗が発生することとなつたのである。

ここで、これらの地域における舗装について、これまでの推移をふりかえつてみよう。

昭和30年代の舗装は、主としてタイヤチェーンによる摩耗対策として細粒骨材を母体としたシート・アスファルトやトペカ工法による混合物が主流として施工された。しかし、夏の高温時には、

重車両によって流動破壊を発生させ、また、車の高速化によるスリップ事故も発生することとなり、この新たな問題に対しても、修正トペカや改良トペカによって対応が試みられたのであるが、これらの混合物は、いずれも摩耗、流動、すべりといったすべての条件に対して満足すべきものとはならなかつた。また、この頃から自動車の普及に伴つてスパイク・タイヤの使用も増加し始め、北陸地方建設局では、昭和43年から「耐摩耗で、すべり抵抗が大きく、タワミ性を損わない耐久性のある混合物」の研究に着手し、約8年を経て、ギャップ・アスコンの開発に成功したのである。

同じ時期、北海道においても同じような研究が行われている。これらの研究の成果は、昭和50年改訂のアスファルト舗装要綱に採り入れられて、ようやく普及されるようになったことは、雪国の道路舗装に一条の光を投げかけるものであった。

2. 北陸道路舗装会議におけるディスカッション

積雪寒冷地域の道路関係者は、舗装について、雪に起因する様々な、過酷な問題を課せられているが、これらの問題解決に、関係者が一堂に会し、意見を交換して、技術の向上を図ることを目的として北陸道路舗装会議が、昭和54年以来、3回にわたつて開かれている。

この会議では、一貫して舗装の摩耗対策についてのディスカッションが行われているが、積雪寒冷地域の舗装についての考え方の流れを理解するために、この経過を知ることが極めて有効であろうと考え、ここに、その概要を紹介することしたい。

第1回「北陸地方における舗装の摩耗対策について」（昭和54年）

- 1) 耐摩耗性を高めるために細粒度ギャップ・アスコンのトップサイズを20mmに引き上げることが望ましいが、骨材がやわらかい場合やモルタル強度が低い場合には、骨材が割れたり飛散したりして、13mmトップに比べて耐摩耗性が良いとは言い難い。
- 2) ギャップタイプは、中間粒度を少なくしているため、施工時に分離を起こす傾向が見られる。したがって、その施工管理には細心の注意が必要である。また、骨材事情から標準的なギャップタイプを合成することが難しくなっているので、各地域で容易に入手できる細骨材を使ったギャップタイプが開発されなくてはならない。
- 3) 改質アスファルトの使用については、温度管理が難しいことや、コストが高くなることのため、すべてに適用する段階ではないが、耐摩耗、耐流動等に良好な結果が出ているので今後検討する必要がある。
- 4) 表層用アスファルト混合物については、アスモル分のすりへり抵抗に関する検討のほかに、碎石や砂などの品質についても吟味していくかなければならない。たとえば、北海道では表層に用いる砂の比重を2.55以上とし、安定性試験損失量を10%以下にするなどの規定を設けて、すりへり抵抗性を確保している。
- 5) 摩耗の主要因になっているスパイクタイヤについては、使用の制限などの検討が必要である。

第2回「積雪地における舗装の摩耗対策について」（昭和57年）

- 1) 北陸地方建設局の場合は、約1,000kmの管理区間にに対して、30億円以上の補修費を投じており、年々増加の傾向にあって、これは無雪地域の単位当たりの補修費の3～4倍に相当

する。

また、わだち掘れの3分の2は、冬季における摩耗である。さらに、摩耗問題だけでなく、わだち掘れによる水はね、騒音、粉塵、走行の安全性の問題など、歩行者、ドライバーあるいは沿道住民にも及んでいると報告があつた。

- 2) スパイクタイヤを付けた自動車の交通量と舗装のすりへり量との間には相関関係があることが明らかになった。また、北海道におけるドライバーの意識調査報告にもあるように、スパイクタイヤの効果は、路面状態によって限界があると指摘されており、今後、メーカーなどと一緒に、スパイクタイヤの正しい使用法についての認識を高めることが必要である。さらに、スパイクタイヤの法的位置付け、改良ならびに規制については、検討段階にあるといえる。
- 3) 耐摩耗舗装としての細粒度ギャップ・アスコンは広く使用されており、その効果は大きいものがあるが、耐摩耗性をより向上させるためには、トップサイズを大きくすること、堅い石を使うこと、よく締め固めること等が必要であり、また、その効果を上げるために、施工方法及び時期等についての検討も必要である。また、改質アスファルトを含む材料及び工法の改良についても、施工時、経済性等を加味した開発研究が望まれる。

そのほか補修に関しては、北陸地方ではギャップシートが広く使われているが、今後、補修時期や経済性を含めた研究が必要である。

第3回「積雪地域における舗装修繕技術の課題と展望」（昭和60年）

- 1) 路面管理に関して、今後、高度の水準が要求されると、わだち掘れによって走行性がそこなわれる等の問題が舗装補修を考える上で大きな要素となってくる。したがって、わだち掘れ部の補修技術の開発と共に合理的

な管理目標の設定等が従来にもまして重要な課題となるであろう。

路面性状を把握するために、MCI という指標が用いられ、合理的な評価法として広く用いられるようになっているが、これは舗装表面の状況を示すための指標であって、舗装構造を説明するものではない。したがって、最終的には技術者の眼による観察をもあわせて舗装状況を評価することが必要である。

2) 修繕技術に関しては、舗装の耐摩耗向上と施工の効率化が問題になっている。舗装補修に当たっては、交通障害、騒音、振動等の影響を極力低減することが必要であり、このような面からも、耐摩耗性を向上させ、補修サイクル期間を長くするように努力するべきである。それには道路及び交通条件に応じた適切な混合物を選ぶというきめ細かい配慮が必要であるし、また施工にあたっては、締固めを十分に行うことも大事である。さらに材料からのアプローチとしては、改質アスファルトとか骨材としてのスラグの活用等があり、最近開発された「筑波 1 号」の成果についても注目されるところである。

施工の効率化としては、補修作業の時間短縮をはかるべきであり、このために施工性、施工機械の改善が必要である。また路上再生工法の基準化や PC 版など舗装の二次製品化等による省力化や時間短縮につとめねばなら

ない。

- 3) リサイクリングについては、設計、施工、品質管理等の研究が急速に進んでおり、適正なリサイクリング材料の混入率で、適切な品質管理が行われれば、十分に実用性がある。特に、高速道路では路上表層再生工法が、また、一般道路では簡易舗装の補修に路上再生路盤工法の適用が可能と考えられる。
- 4) 積雪期における舗装の応急処理については、道路の湿潤時に作業がうまく行えるような補修材料の開発が必要であり、これには製造、備蓄、運搬、施工を一体のものとして検討を進めることが必要である。
- 5) 補修計画上の問題としては、部分的な直接費用のみでなく、トータル費用を考えた計画の必要性が強調された。例えば、補修作業に伴う社会的な損失費用等についても考慮が必要であろう。また後追いの維持修繕から、前向きの維持修繕への転換も望まれる。さらに、前述するような修繕計画の立案には、舗装に関するデータの蓄積が不可欠であることも強調された。

以上が、会議におけるパネルディスカッションのあらましであるが、積雪寒冷地域における舗装の摩耗問題と対策上の考え方について御理解いただくための一助となれば幸いである。なお、詳しいことは「道路建設」の各号を御覧頂きたい。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

積雪・寒冷地域の特性

寺田 章次*

1. まえがき

冬期に積雪の多い地域では、道路の交通が途絶して交通麻痺が発生し、寒冷の度が甚だしい地域では路面の凍結によるスリップ事故、路体の凍結による道路の構造破壊等が発生する。また、凍結路面等における自動車のすべり止め用としてスパイクタイヤが使用されている地域では、舗装の摩耗、区画線の消失が生ずる。そして、それに伴って粉塵が著しく発生する地域では、生活環境への影響も問題となってくる。

このような各種の問題が生じる積雪・寒冷地域の気象特性、道路現況、冬期交通確保状況等について以下に述べる。

2. 積雪・寒冷地域の気象特性

2-1 積雪・寒冷地域とは

積雪寒冷の度が特に甚だしい地域における道路の交通を確保するため、昭和31年4月、「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法」(以下「雪寒法」と略す)が制定され、除雪、防雪及び凍雪害の防止に関する事業「雪寒事業」(図-1参照)が実施されることとなった。同法第3条第1項において、建設大臣は、あらかじめ運輸大臣の意見を聞いた上、積雪寒冷特別地域(以下「雪寒地域」と略す)内において道路の交通の確保が特に必要であると認められる道路を指定しなければならないことになっている。そして、当該道路の指定基準は、次のとおりとされている(同法施行令第1条参照)。

- ① 2月の積雪の深さの最大値の累年平均(最近5年以上の平均)が50cm以上の地域、又は1月の平均気温の累年平均が0°C以下の地域内に存する道路であり、かつ、
- ② 交通量が建設大臣の定める道路の交通量の基準に適合する道路であり、かつ、
- ③ 産業の振興又は民生の安定のため必要であると認められる道路であること

一般に、「積雪・寒冷地域」あるいは「雪寒地域」と言われているのは、①に規定されている地域のことである。これらの地域のうち、2月の積雪の深さの最大値の累年平均が50cm以上の地域を「積雪地域」と、1月の平均気温の累年平均が0°C以下の地域を「寒冷地域」と呼んでいる(図-2参照)。

この雪寒地域は、国土面積の約6割を占め、そこに総人口の約1/4が住んでいる(表-1参照)。

2-2 積雪・寒冷地域の気候

積雪・寒冷地域は、2-1で述べたように国土面積の約6割を占める広大な地域であり、図-2に示すように北は北海道から南は中国地方に至る地域である。したがって、これらの地域の気象は、多種多様であるが、一般に北海道、東北及び北陸地域の3大地域に区分して論じられている。すなわち、北海道地域は低温少雨、北陸地域は高温多雨、東北地域はこれらの中間型となっている。

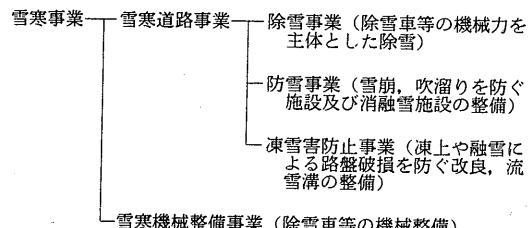


図-1 雪寒事業の構成

表-1 雪寒地域の面積・人口

	面 積		人 口	
	km ²	対 全 国 シェア (%)	千 人	対 全 国 シェア (%)
全 国	372,712	—	117,057	—
雪 寒 地 域	227,819	61.1	27,066	23.1
積雪地域	199,509	53.5	21,418	18.3
寒冷地域	192,804	51.7	20,619	17.6

(注) 1. 面積は 55.10.1 現在(北方四島を含まない。)

2. 人口は55年国勢調査による。

*てらだ しょうじ 建設省道路局企画課道路防災対策室長

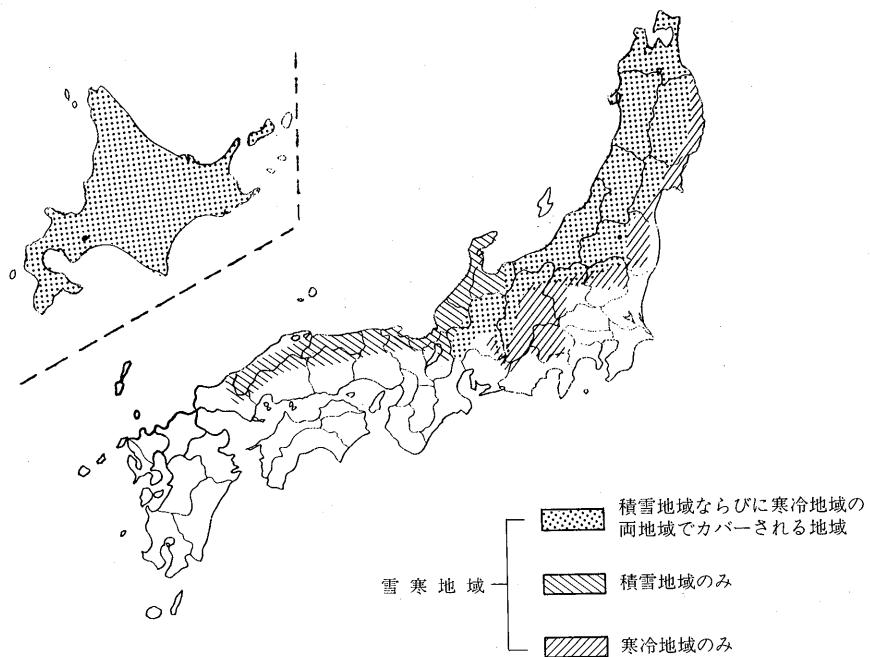


図-2 雪寒地域の略図

また、図-3から明らかなように、北海道地域は、月別には降水量はほとんど変化せず、気温は12月から1月にかけてと2月から3月にかけて大きく変化する。北陸地域は、1月から2月にかけて気温はほとんど変化しないが、降水量は大きく変化する。東北地域は、青森及び秋田が北陸型、盛岡及び山形が北海道型の変動形態を示している。

2-3 降雪状況と気温

表-2に雪寒地域内の主要都市の降雪状況を示す。累計降雪深（日々新しく積った雪の深さを累計した値）の多いところは、昭和53年度～57年度の五箇年平均でみると、青森（771cm）、旭川（660cm）、上越（627cm）、札幌（536cm）、会津若松（420cm）などである。特に、上越では56豪雪（昭和55年度）の際には10mを超える1,068cmを記録している。また、2月の最深積雪深の大きいところは、昭和53年度～57年度の五箇年平均でみると、上越（140cm）、青森（123cm）、札幌（102cm）、旭川（89cm）、稚内（78cm）などである。特に上越では56豪雪（昭和55年度）の際には230cmを記録している。

表-2 に雪寒地域内の主要都市の気温状況についても示してあるが、冬期間の平均気温（11

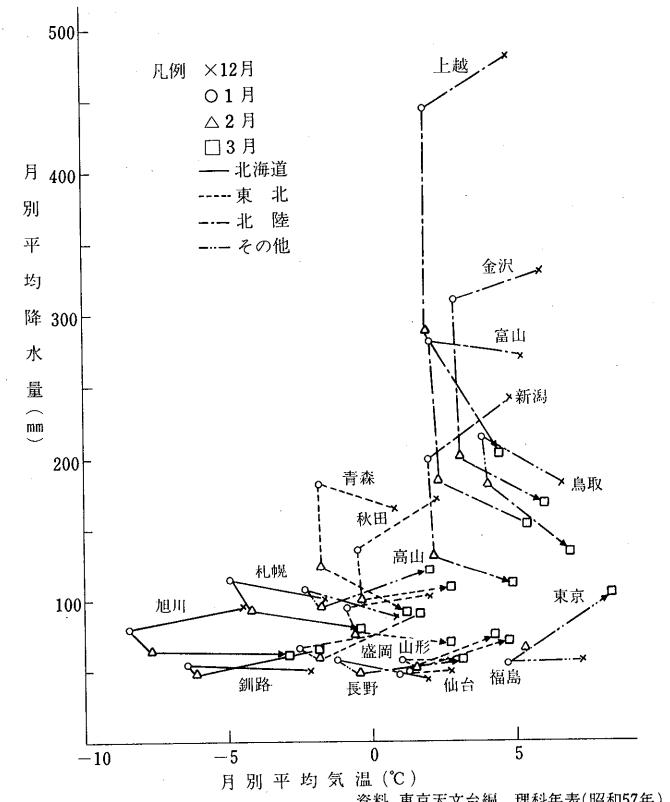


図-3 雪寒地域の主な都市における冬期間の気象状況¹⁾

月～3月の平均気温)の低いところは、昭和53年度～57年度の五箇年平均でみると、旭川(-3.7°C), 帯広(-3.4°C), 網走(-2.9°C), 鈎路(-2.4°C), 稚内(-2.3°C)などである。特に、旭川では昭和56年度に-4.3°Cを記録している。また、1月の平均気温の低いところは、昭和53年度～57年度の五箇年平均でみると、旭川(-8.0°C), 帯広(-6.3°C), 網走(-6.2°C), 鈎路(-6.0°C), 稚内(-5.5°C)などである。

2-4 地域別の降雪特性

表-3に地域別の降雪特性を示す。このように一口に雪寒地域と言っても、降雪量、気温、風の有無、そして雪質が地域によって大きく異なるので、雪寒対策は当該地域の気象条件を良く把握して樹てる必要がある。

3. 積雪・寒冷地域の道路現況

積雪・寒冷地域に係る道路現況については、年度毎に特に把握されていないので、ここでは、「雪寒県」の道路現況について述べる。なお、「雪寒県」とは、便宜上、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県と定義する。すな

わち、北海道、東北6県(青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島)、北陸3県(新潟、富山、石川)、福井県、山梨県、長野県及び鳥取県の1道13県である。また、雪寒県以外の都道府県を「非雪寒県」と定義する。

3-1 雪寒県の自動車保有状況

表-4に雪寒県の自動車保有状況を示す。昭和60年3月現在10,416千台で、全国の約22.5%を保有している。これを自動車1台当たりの人口を指標としてみると、全

表-3 地域別降雪特性³⁾

地 域		降雪量		気温		風		雪質	
北海道	日本海側	中	極寒	有	乾				
	太平洋側	少	極寒	無	乾				
	日本海側	中	寒	有	やや湿				
東 北	太平洋側	少	中寒	無	やや乾				
	内陸 (青森を含)	多	寒	有	やや湿				
	北 部	中	寒	有	やや乾				
	南 部	多	中寒	無	湿				
	内 陸	多豪	中	無	湿				

表-2 雪寒地域内の降雪・温度状況(昭和53～57年度)²⁾

地 域	累計降雪深(cm)						2月の最深積雪(cm)						平均気温(11月～3月)(°C)						1月の平均気温(°C)						
	53	54	55	56	57	平均	53	54	55	56	57	平均	53	54	55	56	57	平均	53	54	55	56	57	平均	
北 海 道	稚内	313	310	400	565	504	418	46	100	60	86	100	-2.5	-2.3	-2.1	-2.3	-2.1	-2.3	-6.9	-5.4	-5.4	-5.6	-4.2	-5.5	
	旭川	586	601	666	795	650	660	92	73	102	96	80	-4.0	-3.9	-2.9	-4.3	-3.5	-3.7	-7.8	-7.2	-10.2	-8.1	-6.8	-8.0	
	網走	253	259	226	228	243	242	42	33	58	49	33	-3.0	-2.8	-3.1	-2.7	-2.8	-2.9	-7.2	-5.6	-6.7	-6.2	-5.3	-6.2	
	札幌	422	573	615	591	480	536	97	111	90	99	114	-1.0	-0.9	-0.8	-1.3	-0.2	-0.8	-5.3	-3.9	-4.9	-4.4	-2.9	-4.3	
	帶広	252	276	230	238	198	239	90	44	42	45	35	-3.2	-3.6	-3.6	-3.2	-3.4	-3.4	-7.2	-6.6	-9.4	-1.9	-6.6	-6.3	
	鈎路	126	147	141	132	148	139	40	29	33	24	22	-2.3	-2.3	-2.4	-2.4	-2.8	-2.1	-2.4	-6.5	-5.2	-7.1	-5.9	-5.1	-6.0
	室蘭	159	123	202	117	117	144	38	7	39	21	21	25	0.7	0.7	0.8	0.0	0.1	0.0	0.6	-2.8	-2.2	-2.4	-2.2	-1.3
東 北	函館	219	313	409	298	318	311	41	38	60	44	45	46	0.6	0.0	0.2	-0.4	0.7	0.2	-3.0	-2.9	-3.7	-2.6	-2.0	-2.8
	青森	528	806	813	931	777	771	68	135	130	159	123	123	2.0	1.1	1.2	0.6	1.7	1.3	-1.2	-1.6	-2.6	-1.4	-0.5	-1.5
	八戸	117	121	106	98	165	121	20	40	14	3	27	21	2.1	1.8	1.7	1.1	1.7	1.7	-0.8	-0.8	-2.1	-1.1	-0.2	-1.0
	秋田	156	252	287	329	233	251	12	51	47	54	23	37	3.5	2.8	2.6	2.0	3.1	2.8	0.8	-0.1	-1.2	-0.2	1.0	0.1
	盛岡	100	188	309	158	147	180	23	38	44	12	17	27	1.9	0.8	0.5	0.4	1.4	1.0	-1.0	-2.3	-3.8	-1.7	-0.8	-1.9
	酒田	149	271	250	301	188	232	1	68	32	40	34	35	4.7	4.1	3.7	3.4	4.3	4.0	2.5	1.4	0.2	1.0	2.3	1.5
	山形	151	390	545	302	387	355	14	75	98	37	47	54	3.2	2.2	1.7	1.7	2.6	2.3	0.8	-0.9	-2.0	-0.9	0.3	-0.5
北 陸	仙台	32	83	141	53	64	75	2	23	15	12	15	13	5.2	4.2	3.7	3.5	4.6	4.2	2.7	1.4	0.0	1.1	2.2	1.5
	若松	201	434	730	392	344	420	14	88	115	32	45	59	3.0	2.3	1.5	1.4	2.4	2.1	0.3	-1.2	-1.8	-1.2	-0.2	-0.8
	福島	60	120	184	81	119	113	8	24	17	10	12	14	5.0	4.5	3.6	3.6	4.4	4.2	2.6	1.5	-0.2	1.6	1.7	1.4
	新潟	75	193	203	131	277	176	3	55	28	30	86	40	6.0	5.4	4.7	4.7	5.5	5.3	3.5	2.6	1.2	2.5	2.9	2.5
	上越	242	763	1068	455	609	627	7	224	230	83	158	140	6.2	5.2	4.3	4.5	5.0	5.0	3.6	2.4	0.7	2.1	2.1	2.2
	金沢	139	297	523	251	278	298	30	54	104	32	54	55	7.1	6.0	5.1	5.6	6.4	6.0	5.0	3.1	0.9	2.9	3.6	3.1
	富山	128	459	771	275	360	399	25	88	112	38	84	69	6.6	5.3	4.2	4.9	5.6	5.3	4.3	2.2	0.0	2.3	2.8	2.3
そ の 他	福井	111	303	622	171	221	286	31	82	145	25	47	66	7.0	5.9	4.9	8.5	6.2	6.5	4.6	3.0	1.0	3.0	3.3	3.0
	長野	105	158	366	116	128	175	17	10	54	20	13	23	3.3	2.8	1.4	1.8	2.8	2.4	0.5	-0.6	-3.1	-0.8	-0.7	-0.9
	高山	150	263	740	252	264	334	14	21	118	25	26	41	2.5	1.8	0.3	0.8	2.0	1.5	0.1	-1.6	-3.9	-1.7	-1.3	-1.7
	飯田	36	81	87	26	41	54	7	9	11	6	13	9	4.5	3.8	3.0	3.2	3.9	3.7	1.8	0.3	-1.3	0.8	1.1	0.5
	日光	116	111	203	89	148	133	19	9	43	9	45	25	-0.1	-0.9	-2.0	-1.8	-0.9	-1.1	-2.5	-4.0	-6.4	-4.0	-3.8	-4.1
	前橋	10	20	9	1	10	10	1	5	2	1	6	3	7.1	6.3	5.3	5.7	6.3	6.1	4.7	3.0	1.5	3.5	3.6	3.3
	甲府	47	27	43	2	5	25	4	5	4	0	1	3	6.0	5.7	5.1	5.1	5.9	5.6	2.2	2.0	0.8	2.7	2.6	2.1
そ の 他	彦根	24	145	209	147	85	122	1	13	21	11	9	11	7.0	6.4	5.3	5.4	6.7	6.1	4.6	3.3	1.4	3.1	4.0	3.3
	舞鶴	16	150	242	197	126	146	2	31	28	31	33	25	7.3	6.1	5.2	5.4	6.6	6.1	5.0	3.6	0.9	3.0	3.8	3.3
	鳥取	46	155	304	196	172	175	15	10	26	35	32	24	7.6	6.5	5.6	6.1	6.9	6.5	5.5	3.4	1.3	3.6	3.9	3.5
	津山	50	42	39	85	26	48	13	12	8	10	1	9	5.4	4.6	3.9	4.2	5.1	4.6	3.0	2.1	0.1	1.4	2.6	1.8
	松江	53	49	120	116	27	73	18	6	10	17	6	11	7.6	6.5	5.7	6.5	7.1	6.7	5.8	3.9	1.9	3.7	4.9	4.0
	萩	3	10	15	30	0	12	3	4	2	0	0	2	8.7	7.9	6.8	7.6	8.1	7.8	6.8	6.0	3.1	5.0	5.8	5.3

国では 2.57 人/台であるのに対して雪寒県では 2.35 人/台で格差は、0.91 となっており、雪寒県での自動車への依存性が高くなっていることを示している。また、自動車 1 台当たりの道路延長及び舗装延長でみると対全国格差がそれぞれ 1.39 及び 1.11 となっており、自動車保有状況との対比でみる限り、道路整備が進んでいることを示している。

3-2 雪寒県の道路整備状況

3-2-1 整備率と改良率の推移

表-5、図-7 及び図-8 に雪寒県の道路の整備率と

改良率の推移を示す。整備率は、昭和54年度の 33.8%から昭和59年度の 40.9%と毎年度約 1.4%程度しか伸びておらず、低い状態にある。しかしながら、対全国格差は、1.13 度となっており、全国平均よりも整備が進んでいることを示している。

改良率は、昭和54年度の 36.0%から昭和59年度の 43.8%と毎年度約 1.5%程度しか伸びておらず、低い状態にある。しかしながら、対全国格差は、1.10 度となっており、全国平均よりも改良が進んでいることを示している。

表-4 雪寒県の自動車保有状況

項目	単位	統計年	全 国	雪寒県	非雪寒県	雪寒県 全国
自動車保有台数	千 台	60年3月	46,363	10,416	35,947	0.225
人 口	千 人	59年3月	119,316	24,480	94,836	0.205
道路延長	千 km	60年4月	1,124.0	351.4	772.6	0.312
舗装延長	千 km	60年4月	210.0	52.5	157.5	0.250
自動車1台当たり人口	人/台		2.57	2.35	2.64	0.91
" 道路延長	m/台		24.24	33.74	21.49	1.39
" 舗装延長	m/台		4.53	5.04	4.38	1.11

注1 自動車保有台数及び人口は「道路交通経済要覧」より作成。

注2 道路延長及び舗装延長は「道路統計年報」より作成。

注3 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北 6 県、北陸 3 県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは雪寒県以外の都道府県である。

表-5 整備率と改良率の推移(一般国道、都道府県道及び市町村道)

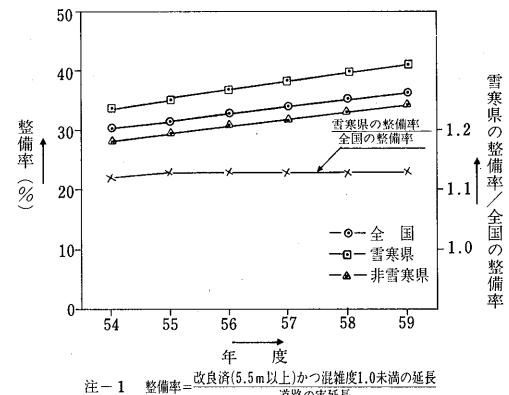
年度	整 備 率 (%)				改 良 率 (%)			
	全 国	雪寒県	非雪寒県	雪寒県 全 国	全 国	雪寒県	非雪寒県	雪寒県 全 国
54	30.1	33.8	28.4	112	33.0	36.0	31.6	1.09
55	31.2	35.2	29.4	113	34.2	37.5	32.7	1.10
56	32.6	36.8	30.7	113	35.5	39.1	33.9	1.10
57	33.9	38.4	31.9	113	37.1	41.0	35.4	1.11
58	35.0	39.7	33.0	113	38.6	42.5	36.8	1.10
59	36.2	40.9	34.1	113	39.9	43.8	38.1	1.10

注1 整備率 = 改良済(5.5m以上かつ混雑度1.0未満の延長) / 道路の実延長

$$\text{混雑度} = \frac{\text{交通量}}{\text{交通容量}}$$

注2 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北 6 県、北陸 3 県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは雪寒県以外の都道府県。

注3 道路統計年報より作成。



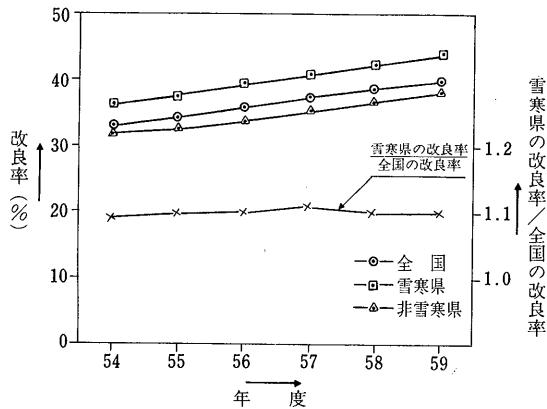
注-1 整備率 = 改良済(5.5m以上かつ混雑度1.0未満の延長) / 道路の実延長

$$\text{混雑度} = \frac{\text{交通量}}{\text{交通容量}}$$

注-2 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北 6 県、北陸 3 県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは雪寒県以外の都道府県。

注-3 道路統計年報より作成。

図-7 整備率の推移(一般国道、都道府県道及び市町村道)



注-1 雪寒县とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北6県、北陸3県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒县とは、雪寒県以外の都道府県である。

注-2 道路統計年報より作成

図-8 改良率の推移（一般国道、都道府県及び市町村道）

3-2-2 舗装率と簡易舗装率の推移

表-6、図-9及び図-10に雪寒県の道路の舗装率と簡易舗装率の推移を示す。舗装率は、昭和54年度の17.1%から昭和59年度の20.4%とわずかに毎年度0.7%程度しか伸びておらず、極めて低い状態にある。また、対全国格差も昭和54年度に0.84であったものが昭和59年度には0.80とむしろ悪い方に開いてきており、全国平均よりも舗装の遅れがさらに悪くなつたことを示している。

簡易舗装率は、昭和54年度の23.9%から昭和59年度の33.5%とわずかに毎年度1.9%程度しか伸びておらず、低い状態にある。また、対全国格差は、昭和54年度に0.80であったものが昭和59年度は0.86と縮まつてはいるが、全国平均よりもまだ遅れていることを示している。

表-6 舗装率と簡易舗装率の推移（一般国道、都道府県道及び市町村道）

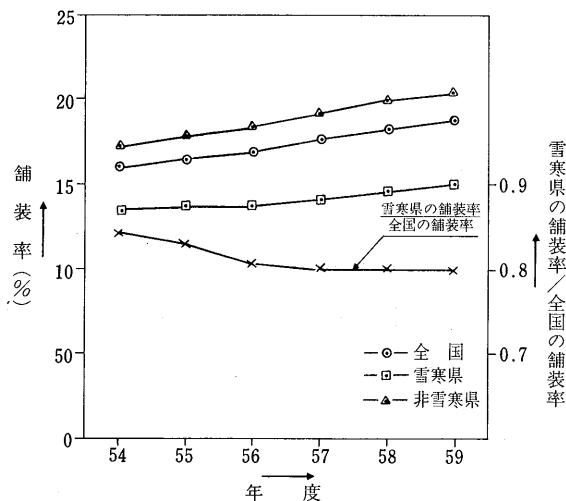
年度	舗装率 (%)				簡易舗装率 (%)			
	全国	雪寒県	非雪寒県	雪寒県全国	全国	雪寒県	非雪寒県	雪寒県全国
54	16.0	13.5	17.1	84	29.8	23.9	32.4	80
55	16.5	13.7	17.8	83	31.5	25.9	34.0	82
56	16.9	13.6	18.4	81	33.6	28.5	35.9	85
57	17.6	14.1	19.2	80	35.6	30.2	38.0	85
58	18.2	14.6	19.9	80	37.3	31.9	39.7	86
59	18.7	15.0	20.4	80	39.1	33.5	41.6	86

注1. 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北6県、北陸3県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは、雪寒県以外の都道府県である。

注2. 道路統計年報より作成。

3-2-3 舗装道の種類の推移

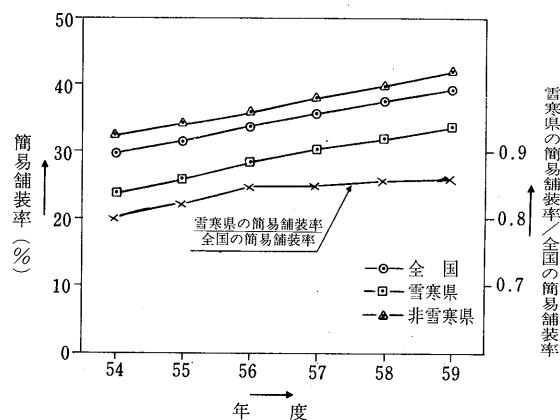
表-7、図-11及び図-12に舗装道の種類の推移を示す。舗装道のうちセメント系舗装の占める割合は、昭和54年度の13.3%から昭和59年度の15.0%とわずかながら増加の傾向を示している。しかしながら、対全国格差は0.72~0.73程度であり、全国平均より低い状態にある。



注-1 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北6県、北陸3県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは、雪寒県以外の都道府県である。

注-2 道路統計年報より作成

図-9 舗装率の推移（一般国道、都道府県道及び市町村道）



注-1 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北6県、北陸3県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは、雪寒県以外の都道府県である。

注-2 道路統計年報より作成

図-10 簡易舗装率の推移（一般国道、都道府県道及び市町村道）

表-7 舗装道の種類の推移（一般国道、都道府県道及び市町村道）

年度	舗装道のうちセメント系舗装の占める率(%)				舗装道のうちアスファルト系舗装の占める率(%)			
	全国	雪寒県	非雪寒県	雪寒県 全国	全国	雪寒県	非雪寒県	雪寒県 全国
54	18.7	13.3	20.6	71	81.3	86.7	79.4	107
55	18.8	13.3	20.6	71	81.2	86.7	79.4	107
56	19.2	14.4	20.8	75	80.8	85.6	79.2	106
57	19.9	14.5	21.7	73	80.1	85.5	78.3	107
58	20.3	14.9	22.2	73	79.7	85.1	77.8	107
59	20.9	15.0	22.9	72	79.1	85.0	77.1	108

注1. 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北6県、北陸3県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは、雪寒県以外の都道府県である。

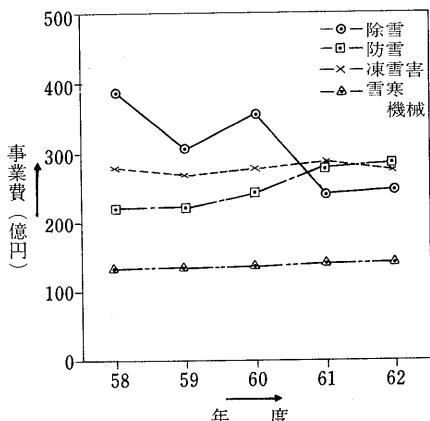
注2. 道路統計年報より作成。

4. 積雪・寒冷地域の冬期交通確保状況

4-1 雪寒事業による冬期交通確保

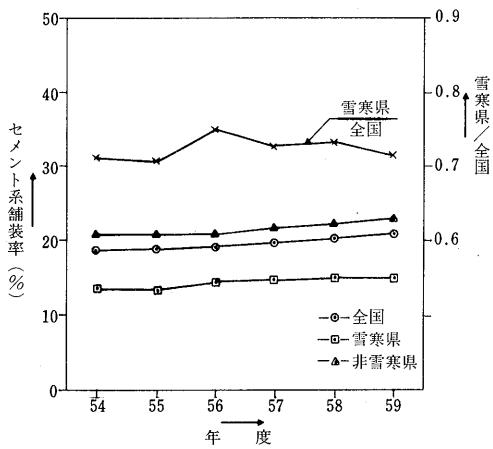
雪寒地域においては、主として図-1に示した雪寒事業により冬期の交通確保が図られている。図-13に雪寒事業費の推移を示す。凍雪害防止事業に比して防雪事業が伸びてきている。これは、第8次雪寒五箇年計画において、防雪事業に含まれる雪崩対策を最重点として事業を推進していることによる。

積雪地域内的一般国道及び道府県道のうち除雪により冬期交通を確保すべきものについては、雪寒事業により機械除雪を主体に除雪が行われている。なお、市町村道の除雪に要する経費については、原則として、地方交付税により措置されている。



注：昭和58年度～60年度は実績、昭和61年度は当初予算額、昭和62年度は予算要求額である。

図-13 雪寒事業費の推移

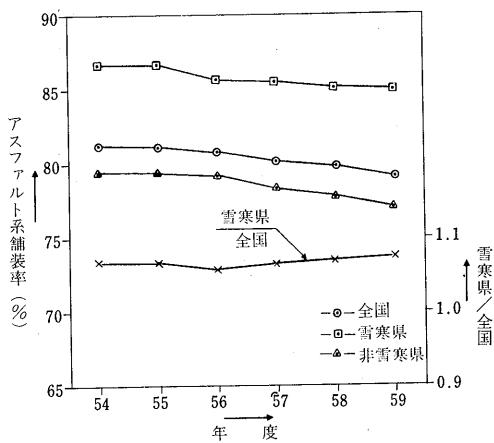


注-1 セメント系舗装率とは、舗装道のうちセメント系舗装の占める比率のことである。

注-2 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北6県、北陸3県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは、雪寒県以外の都道府県である。

注-3 道路統計年表より作成

図-11 セメント系舗装率の推移（一般国道、都道府県道及び市町村道）



注-1 アスファルト系舗装とは、舗装道のうちアスファルト系舗装の占める率のことである。

注-2 雪寒県とは、県庁所在地が雪寒地域に含まれる道県（北海道、東北6県、北陸3県、福井県、山梨県、長野県、鳥取県）である。非雪寒県とは、雪寒県以外の都道府県である。

注-3 道路統計年表より作成

図-12 アスファルト系舗装率の推移（一般国道、都道府県道及び市町村道）

積雪地域内的一般国道の除雪率は、95.5%であり、冬季閉鎖区間を除きほとんどが除雪対象路線となっている。また、主要地方道の除雪率は、90.9%，一般道府県道の除雪率は、74.3%となっている。市町村道の除雪率は、49.1%で、除雪がされている道路延長は半分にも満たない。

い状況にある(表一8参照)。

一般国道及び道府県道の除雪水準は、表一9に示すとおり3種に区分されている。表一10に示すように、原則として2車線を確保する1種及び2種除雪路線の延長は、除雪対象延長の73.5%、積雪地域内の道路延長の62.5%にとどまっている現状にある。

除雪作業には、①新雪が通行車両により圧雪されたり、乱されたりしないうちに取り除く、「新雪除雪」、②幅員の確保や次の除雪に備え、雪を路外に排除する、「拡幅除雪」、③路面の圧雪層を少なくし、路面の雪を平坦にしたり路外に排除する、「路面整正」、④路上や路側の雪を他に運搬除去する、「運搬排雪」、⑤雪庇の排除や路側の高い雪堤を低くする、「雪庇及び高雪堤処理」があり、それぞれ適応する機械や速度が異なり、除雪作業を複雑なものとしている。また、降雪強度が強い場合には除雪作業が追いつかず、路面に圧雪が生じることがある。さらに、雪堤が一定以上の高さになると、吹き溜まりが発生し、交通に障害を及ぼすことがある。除雪作業は、これらの要因に適宜対応して進められている。

また、路面凍結対策としては、ロードヒーティング等の施設による対応も行われているが、主に凍結防止剤の散布が行われている。凍結防止剤としては、塩化カルシウム($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、塩化ナトリウム(NaCl)、塩化マグネシウム($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)などが用いられている。凍結防止剤の単位面積当たりの散布量は、気象条件、使用目的等により異なるが、標準的には 30 g/m^2 程度であり、厳寒多雪箇所では 100 g/m^2 以上散布される場合もある(「新道路除雪ハンドブック」(社)日本建設機械化協会編 101頁～104頁参照)。

4-2 冬期交通水準

雪寒地域では、積雪期には降・積雪の影響を受けて無雪期に比して交通水準(断面交通量及び走行台キロ)が低下する。

図一14に20年再現最深積雪深グループ別に各年度の無雪期の交通量(4～11月の交通量の平均)に対する1月

表一8 雪寒地域内道路延長・指定延長・除雪延長

(単位: km・%)

道路種別	雪寒地域内道路延長 A	雪寒地域内指定延長 B	指定率 B/A	積雪地域内道路延長 C	積雪地域内指定延長 D	指定率 D/C	除雪延長 (60年度) E	E/C	E/D
一国般道	22,859	22,069	96.5	19,449	19,288	99.2	18,583	95.5	96.3
主地方要道	21,639	19,694	91.0	17,787	17,166	96.5	16,163	90.9	94.2
一府般県道道	33,982	27,721	81.6	28,192	24,702	87.6	20,943	74.3	84.8
国道 県計	78,480	69,484	88.5	65,428	61,156	93.5	55,689	85.1	91.1
市村町道	339,726	35,185	10.4	253,017	36,564	14.5	124,320	49.1	—
合計	418,206	104,669	25.0	318,445	97,720	30.7	180,009	56.5	—

- (注) 1. 地域内道路延長は、昭和58年4月1日現在。
2. 地域内指定延長は、昭和61年3月31日現在。
3. 昭和60年度除雪延長は、実施当初予定延長。
4. 市町村道の除雪延長は推計値である。

表一9 除雪区分の標準

区分	日交通量のおよその標準	除雪目標
第1種	1,000台/日以上	2車線以上の幅員確保を原則とし、異常な降雪時以外は常時交通を確保する。 異常降雪時においては降雪後約5日以内に2車線確保をはかる。
第2種	500～1,000台/日未満	2車線幅員確保を原則とするが、状況によって、1車線幅員で待避所を設ける。 異常降雪時には約10日以内に2車線または1車線の確保をはかる。
第3種	500台/日未満	1車線幅員で必要な待避所を設けることを原則とする。状況によっては一時交通不能になつてもやむを得ない。

表一10 除雪計画延長

(単位: km)

	積雪地域内道路延長	除雪延長	1種	2種	3種
一般国道	19,449	18,583	13,196	4,438	949
道府県道	45,979	37,106	11,308	11,979	13,819
合計	65,428	55,689	(44.0) 24,504	(29.5) 16,417	(25.5) 14,768

- (注) 1. 昭和60年度
2. 地方単独分は除く。
3. ()は除雪延長全体に対する割合(%)

の交通量の割合(以下「交通量の無雪期比率」という)を示す。無雪期比率は、20年再現最深積雪深グループ別、年度別にかなりバラツキはあるものの20年再現最深積雪

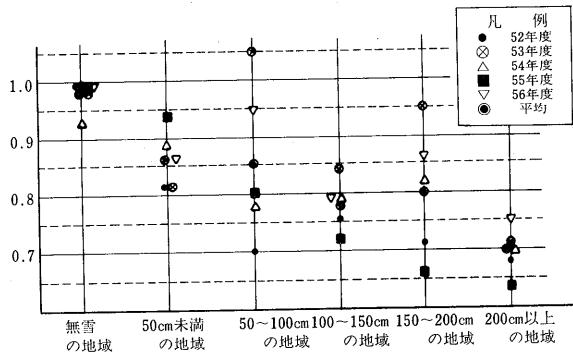


図-14 無雪地域及び積雪深グループ別の交通量(軽自動車以上)の無雪期比率
(1月の月間交通量/4~11月の交通量の平均)⁴⁾

深が増えると小さくなる傾向を示している。

図-15に20年再現最深積雪深が100~150cmのグループに属する富山市についての積雪深と交通量との関係を示す。この図より、積雪深が50cm以上になると交通量が減少はじめていることが判る。また、郊外の流入部の方が市街地中心部より積雪深の増加に伴う交通量の減少が顕著に出ている。

図-16に県別の走行台キロの無雪期(春(4月~6月), 夏(7月~9月)の平均)に対する降雪期(冬(1月~3月))の割合(以下「走行台キロの無雪期比率」という)を示す。図から無雪地域である岡山県及び愛媛県では走行台キロの無雪期比率は1.0で、冬期に走行台キロはほとんど低下していない。これに対して積雪地域では、走行台キロの無雪期比率は、0.8~0.9であり、無雪期に対して降雪期に走行台キロは、10~20%低下している。特に、56豪雪時(昭和55年度)には、他の年度に比べて、低

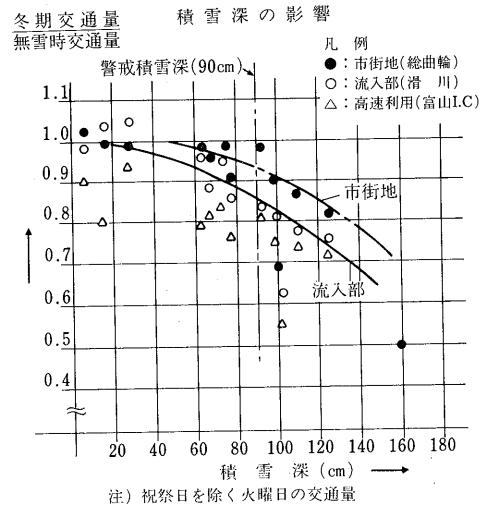


図-15 積雪深と交通量との関係(富山市昭和55年度)⁵⁾

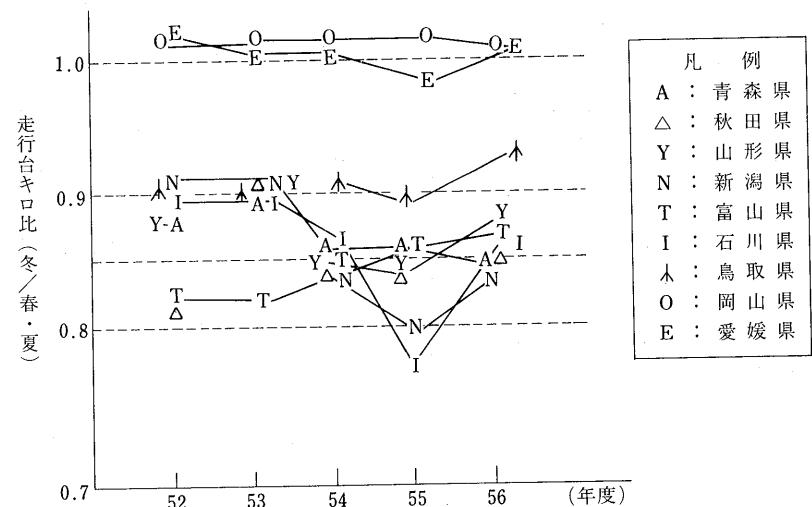


図-16 県別の年度別の走行台キロ比(冬/春・夏)⁶⁾

下の度合が大きくなっている。

このような降雪期における交通水準の低下は、冬期の道路条件のみならず、産業構造に起因する諸活動の低下(例えば、農業活動の低下)の影響を受けていると考えられている。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会スパイクタイヤ対策調査特別委員会: スパイクタイヤ対策調査報告書, 昭和59年3月, p 5.
- 2) 建設省東北地方建設局東北技術事務所: (財)国土開発技術研究センター: 昭和60年度歩道除雪対策調査業務委託報告書, 昭和61年3月, p 53.
- 3) 同上, p 52.
- 4) (財)国土開発技術研究センター: 冬期都市活動水準と除雪活動の効率化に関する研究報告書(その1), 昭和60年3月, p 18.
- 5) 同上, p 19.
- 6) 同, p 52.

構造設計と使用材料

熊谷茂樹*

1. まえがき

道路は、交通にも気象にも直接曝される構造物であるから、交通の質、量だけでなく、気象条件も設計の大きな要素となる。したがって積雪寒冷地域では、舗装構造や使用材料の面で温暖地域とは異なるものが必要となり、永年研究され経験を積んで固ってきている。

本文ではこれらの問題点と、その対策をのべることで設計法をのべる。

なお、凍上対策の一般論や置換工法は、既に諸々の本に詳述されており、今更のべる必要もない省略し、従来と違う角度から検討してみた。また、摩耗対策と横断ひびわれ対策についても簡単にふれた。

2. 凍上対策

2-1 凍上被害

凍上現象による舗装の破壊には、凍上そのものによるものと、春の融解期に起る路床、路盤の支持力低下によるものがある¹⁾。凍上そのものによる破壊は、凍上が主として道路の横断方向に不均一に発生し、ほぼ中央で最大となるため、道路の中央線付近に大きな縦ひびわれとなって現れるものである。

一方融解期の路床、路盤の支持力低下による破壊は、霜柱等が融解する時の過含水による支持力低下で生ずる。すなわち、地盤中で霜柱が成長するときには、下方から多量の水を霜柱発生部分へ吸収集積するが、融解期にはその氷層が主として地表面から融け、まだ下層に残っている凍結層によって排水が妨げられ支持力を低下させる。そして、この時期の交通荷重によって亀甲状ひびわれが発生し、発展してポットホールとなり、また平坦性を悪化させる。

さて、凍上そのものによって路面にひびわれが発生しているのは、凍上量がどの位のときであろうか。図-1によると、路床が霜柱状凍結の場合凍上量3cmでひびわれが発生しており(No.10)、コンクリート状凍結の場合

は、凍上量4cmでもひびわれがない。最近の筆者らの簡易な調査でも、3~4cm位が境界のようである。コンクリート状凍結の場合は比較的均一に凍上し、霜柱状凍結の場合は不均一に凍上することも関係している。

また、載荷重の大きい場合や凍上速度が小さい場合には、吸水の抑制現象や、凍土および未凍結土が粘弾性なことによる応力緩和現象で、凍上力は減少すると言われている³⁾。つまり、霜柱が強力に舗装を持ち上げようとしても、反力側の土が引込むのである。したがって、路床や凍上抑制材料の凍上試験による凍上率が解っても、一概に現地の実際の凍上量、ひいては被害の有無を予測することは難しい。

それでは、凍上試験や凍結深さを知ることは無意味かと言うとそうではない。1-3および1-5でのべるような経験手法が、大きな被害がないようにする基礎となるのである。

融解期の支持力低下については、弾性係数の低下率で凍上性粘質土20%、切込砂利25%、粒調碎石30%というデータ⁴⁾や、火山灰の室内CBR試験では20~70%に低下する⁵⁾といわれるので、特に設計CBRに係る路床や凍上抑制層材料は、凍結融解後のCBR試験を行って、低下率の大きいものは考慮する必要がある。写真-1は、融解期の支持力不足によって、ポットホールにまで発達した亀甲状ひびわれの例である。



写真-1 融解期の破壊

* くまがい しげき 北海道開発局土木試験所舗装研究室長

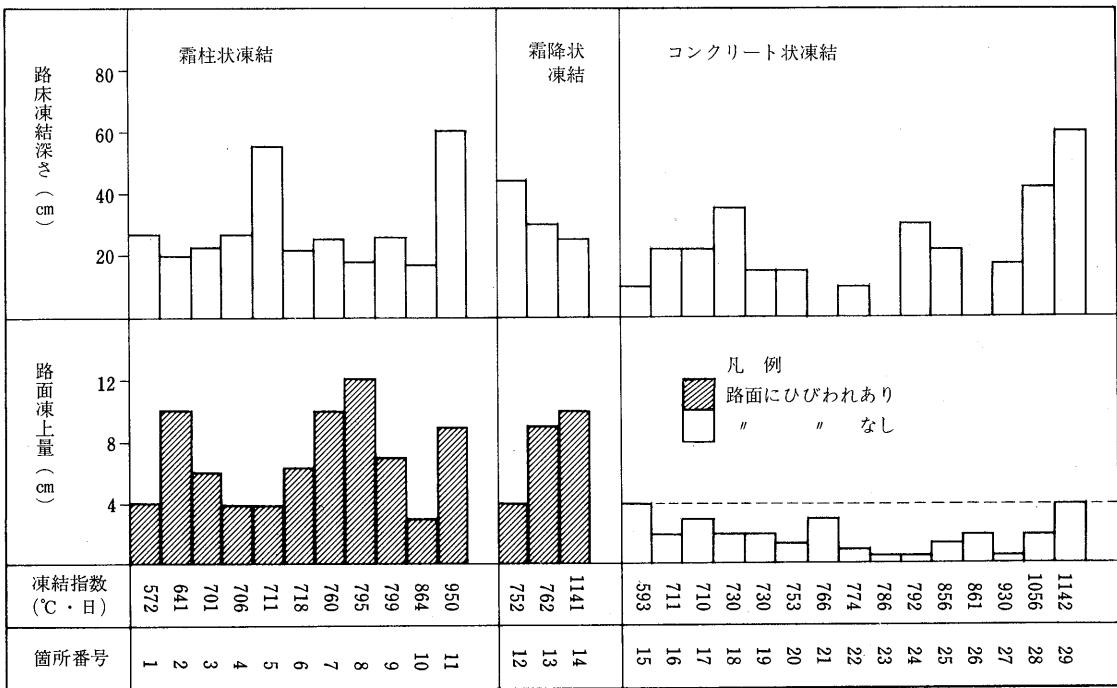


図-1 凍上量とひびわれ

2-2 凍結指數と凍結深さ

有害な凍上を起こす恐れがあるか否かを検討するため、土質、気象、地中水などについて十分な調査を行う必要がある。土質は粒度分析と凍上試験が重要である。また、気温から凍結指數を求め凍結深さを計算する。地中水位は地下排水の参考とする。

凍結深さを求める方法には、実測（調査孔を掘って凍結状態を観測し・地中温度を測定する、また埋設温度計による地中温度記録、メチレンブルー凍結深度計による方法）と計算による方法があるが、ここでは近年多用される計算方法について述べる。

計算には Aldrich 式（修正ベルグレン式）を用い、凍結指數が重要な要素となる。なお、修正ベルグレン式は、諸々の参考書に紹介されているので省略する^{3) 6)}。熱定数は凍結層と未凍結層では異なるので、予想凍結深さが計算値と合うまで繰り返し計算となるから、最近はマイクロコンピュータで扱うことが多い⁷⁾。

(1) 凍結指數

本来、凍結深さの計算に用いるのは、外気温ではなく地表温度であるが、そのようなデータが得にくいことから、外気温を用いている。

凍結指數は、御承知の如く 0°C 以下の日平均気温とその継続日数の積で表したものである¹⁾。日平均気温の求

め方はいろいろ考えられる。1時間毎の気温を24平均するのを24点法とし、最も日平均を正しく表わす値として基準値にとると、12点法と8点法はその±2%の範囲にあり、3点法は最も変動が大きく小さ目であり、2点法は図-2に例を示したようになる⁸⁾。最高と最低の平均をとる2点法は大きめに算出されるから、対策は安全側となり、計算が極めて簡単であることから現在では殆どこれによっている。

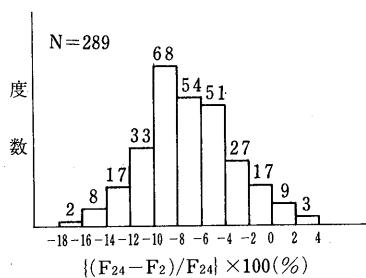


図-2 24点法と2点法の差

最近では、気象庁の AMeDAS が整備され、データテープを購入して電算処理が可能であるから24点法も苦ではないが、過去のデータとの整合があって、2点法で整理している。

観測点のない地域の推定は、諸々の要素がからんで難しいのであるが、標高差による補正¹⁾⁹⁾がその代表的なものであろう。図-3は、既知点から近くの既知点へ標高補正を行った値と、既知値との関係を表している。計算点の選択に当っては、できるだけ近くで無理のない比較点を選んでいるにもかかわらず、相関係数は大きいが変動範囲は相当に大きい⁸⁾。細部を調べると、海岸や都市部が内陸部、山岳部とは特に大きく異なっている。

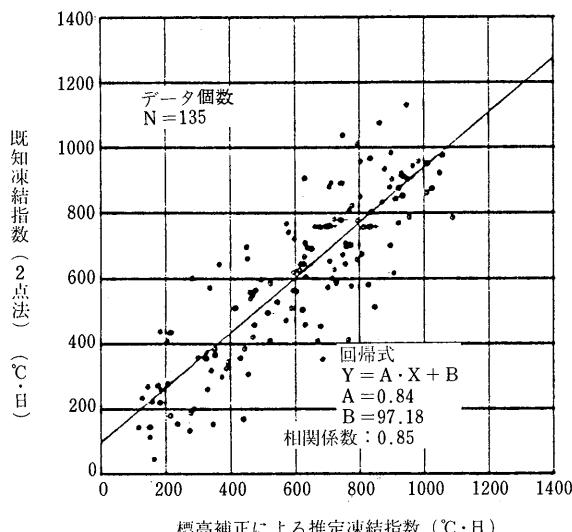


図-3 標高補正例

設計に用いる凍結指数は、最近10年間の最も大きな値を使用することになっている¹⁾⁹⁾。しかし、例えば釧路では1961～1970年の10年では最大676であったが、1971～1980年では748となり、676は20年の中では4位になる。更に、1985年には759となる。その結果、置き換え厚に7cm程度の変化がでてくる。

こういうギャップを小さくするためには、20年分のデータが蓄積されるまでは、10年最大でよいが、20年分蓄積されたなら、1位2位の平均を用い、次は30年の中で1, 2, 3位の平均とするか、または各10年単位の中での1位を平均すると良いと考えている。

(2) 計算凍結深さ

計算凍結深さと実測凍結深さの関係を示す一例が図-4である⁶⁾。ここで、材料の熱定数は10年間の試験値の平均を用い、実測凍結深さは温度計とメチレンブルーによっている。この程度の入力条件で、約80%が実測値の±10cm以内に入っている。箇所毎各層の乾燥密度と含水比を用い、凍結指数もその箇所のもので計算すれば更に近似できる。しかし、日射量、地下水位、積雪量、風通し等諸々が影響するので、近似にも自ずから限界がある。

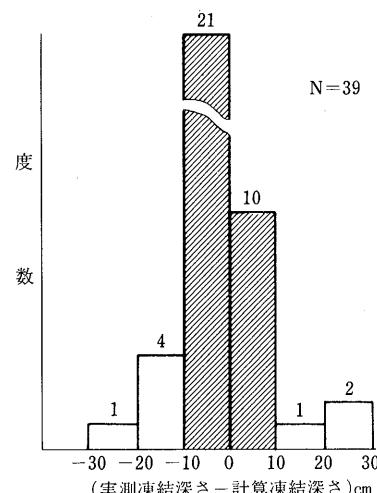


図-4 計算凍結深さの確かさ

表-1は凍土を起こしにくい粗粒材料で含水比15%，乾燥密度1.8を仮定したいわゆるB曲線のCとZの表である¹⁰⁾。理論最大凍結深さ¹¹⁾計算の代表選手になった感があるのであえて載せた。凍結指数が同じでも、年、場所によって凍結日数は異なる。そこで、計算の便宜上、凍結指数から一義的に凍結日数が決まるようにしているので、この推定方法の違いによつても、凍結深さが多少異なつて算出されることが避けられない。

なお、熱定数はその地方の実態調査から、一般値を決めるべきであるが、北海道の場合は参考文献⁷⁾を参照するとよい。

表-1 B曲線のCとZ

凍結指数 (°C·日)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	
B曲線	凍結深さ(cm) Z	37	58	76	91	105	117	130	141	150	161	171	179	189
C = Z / \sqrt{F}	3.7	4.1	4.4	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.2	
70%置換(0.7Z)	26	41	53	64	74	82	91	99	105	113	120	125	132	

2-3 車道の凍上対策と構造設計

ここでは、凍上性の土を凍上を起こしにくい（難凍土性）材料で置き換える、いわゆる置換工法について述べる。

置換工法における置き換え深さは、望ましくは理論最大凍結深さ¹¹⁾まで置き換えることである。しかし、北海道のような寒さの厳しいところでは、経済的な理由から低減せざるを得なく、調査検討の結果、理論最大凍結深さの約70%を置き換えれば、凍上被害は小さいことがわかった^{11)⑨}。しかし、このような方針が決る以前に経験的に造成された道路もあり、またその経験にならって造成した道路もあるから、全てが70%置換になっているとは限らない。

図-5は、北海道における置換の実態を表している。理論最大凍結深さに対する置換率は、50%を割っている部分もある。しかし置き換え深さが小さい地方では、置換率は比較的大きい。これは、深い位置での凍結融解は影響が小さく、浅い位置でのそれは致命的だという経験によっている。また、実態がこうで凍上被害が無いということではなく、何らかの対策を施しておさまっている

所もある。例えば、深い盲暗渠の追加、部分的打替え、ひびわれ充填等である。

慢性的に凍上被害を繰り返す地区では、機会をとらえて根本的な治療を加える必要がある。新設道路でもどこかで舗装済み道路と出合うわけで、その置き換え深さを参考に横ならべをするから、どうしても過去の実績が優先している。置き換え深さの見直しは仲々難しい。

舗装構造の設計は、アスファルト舗装要綱によっている。つまり、大型車交通量と路床の設計 CBR から舗装厚を定める。凍上対策上必要な置き換え深さと舗装厚との差を、凍上を起こしにくい材料を用い、これを凍上抑制層と呼んでいる。

凍上抑制層は路床の一部と考えている⁹⁾。また、しゃ断層を兼ねさせることができる⁹⁾。しかし現地の状況や、特に置き換え深さが比較的浅い場合は、凍上抑制層の下に更にしゃ断層を加えた方がよい。

凍上抑制層は一般に厚いので、経済性を考慮して路床土の CBR と合成することにしている。したがって、舗装厚は凍上抑制層の厚さによって決まり、凍上抑制層の厚さは舗装厚によって決まる関係にあるので、繰返し

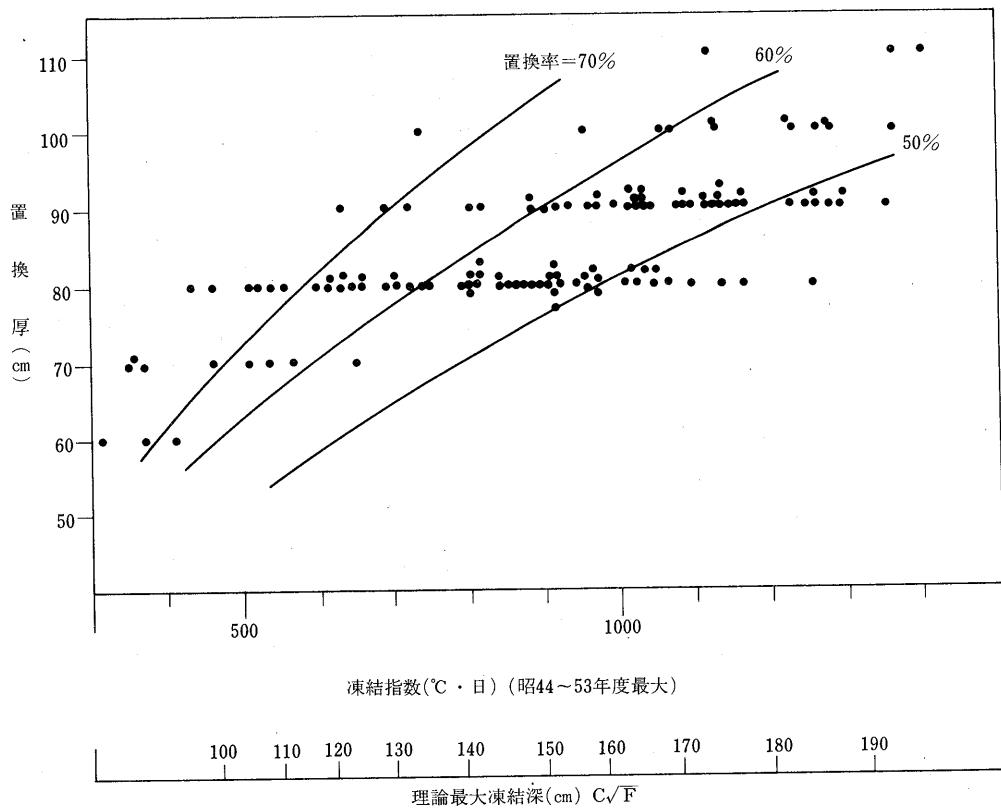


図-5 北海道における置換の実態

(実際には2~3回) 計算となる。

区画道路や住宅地内道路などのように、完全除雪でないため當時路面に圧雪がある場合、置き換え深さを低減できるはずで、現実には経験によって判断していた。

最近、北海道土木技術会では、凍結深さを路面積雪以前と以後に分けた計算値を合成した値と、完全除雪の場合の置き換え深さ（幹線道路で一般に用いている値）との差を低減してもよい値として示した¹¹⁾。

これは、過去の除雪実態、道路の性格、交通量を考慮して区分されている。路面積雪が安定した量となる時期までに凍結に入る深さは、北海道の場合は意外に大きいため低減厚は5~20cmとなっている。しかし、この標準化は幾つかの仮定を含んでおり、今後の実態確認調査を必要としている。

2-4 歩道の凍上対策

一昔前までの歩道は、商店街以外は除雪されなかったので、基本的には北海道は総厚30cm(3+10+17)、東北、北陸は14cm(4+10)である。

近年は歩道除雪地域が広がり、特に降雪量が少なく寒い地方に、歩道の凍上被害が多くなった。最初は縁石回りが凍上し、ひびわれ、段差を生ずるが、甚だしい場合は写真-2のように破壊してしまう。また、凍上が均一に発生して写真-3のように持ち上がり、融解後は元におさまる例もある。

車道は80cmも100cmも置き換えているのに、同様な除雪をされては14cm、30cm厚の歩道では当然のことである。このような被害を経済的に防止するため、各地で試験舗装による検討が行われている。北海道では車道の置き換え深さから、歩道端の30cm深さにすり付けた形に凍上抑制層を入れると最も良いことは解ったが¹²⁾、現実にはもっと経済的しようとして、図-6のように縁石回りの置き換えを強化するに留っている¹³⁾。東北では、路盤厚を20cmにしたもの、凍上抑制層を20cm加えた

ものの調査を行っている¹⁴⁾。

2-5 凍上抑制層材料

置き換え深さ内の材料は、使用目的に応じて必要な粒度と品質を有すると共に、凍上を起こしにくい材料でな



写真-2 歩道の凍上被害

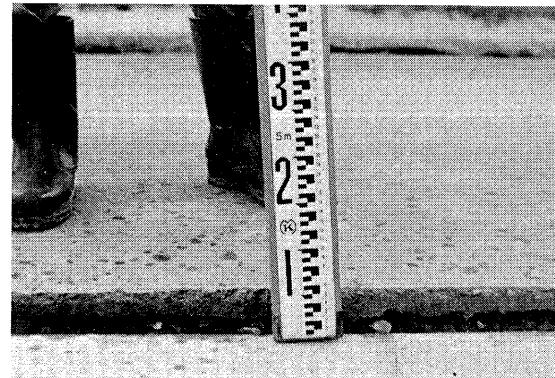


写真-3 凍上した歩道舗装

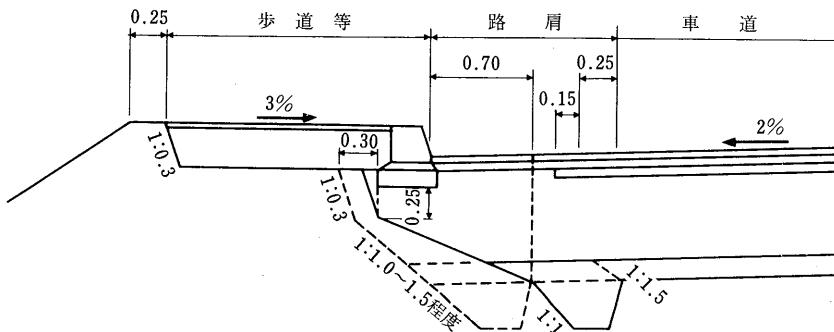


図-6 縁石の凍上対策例 (破線)

ければならない。凍上を起こしにくい材料としては次のような規格が示されている。

- 1) 火山灰（火山れきを含む）は、凍上試験に合格したもの¹⁵⁾。
- 2) 砂は、0.074mm ふるい通過量が 6%以下のもの。
- 3) 全量の 0.074mm ふるい通過量が 5mm ふるいを通過するものに対し、切込砂利・山砂利で 9%以下、破碎面が 30%以上の切込砂利で 12%以下、切込碎石、岩ぎり等で 15%以下

0.074mm 以下分の限界値は、購入時または現場搬入時のものであり、現場施工の実態を加味してある程度の許容量が含まれている¹⁶⁾。

実際に供用中の砂利道や舗装道路を解体調査すると、特に層の上部にかなり微粒分が増加しているものである。

昇格道路等で、既設の路盤材料をそのまま再使用して良いか、という問題に最近よく出合う。こういう場合、筆者らは調査として、深さ方向に 10~15cm 每、横方向は外わだち部を主体に、縦方向は後で判断ができる程度の頻度（例えば 100m 毎）で、0.074mm 以下分の含有量を測定する。全試料の 0.074mm 以下分が、5mm 以下分に対する率で 20%を目途に判断している。

これは段階の根拠があるわけではなく、経験上まあまあ安全と思われるものである。したがって、部分的に多少越えるところがあってもよしとし、集団である層に出ると除去対象とするなど、流動的に対処している状況であるが、施工後の問題は起きていない。

3. 摩耗対策

ここで摩耗対策とは、冬期のタイヤチェーンやスパイクタイヤによる激しい舗装摩耗に対する対策を指している。これも、一昔前までは一部地域の、しかも舗装屋だけの問題であった。舗装屋は技術者らしく？アスファルト混合物の改良にだけ心血を注いできた。おかげで、混合物は改良の余地が幾許もないまでに進歩してきた。しかし、根本的な解決にはスパイクを使用しない以外はないわけで、仙台市や札幌市が果した役割は大きい。

現在のような激しい摩耗が続くと、技術者の良心が傷みかねない。いわく「明らかに悪い路面を補修するのも追いつかないのだから、管理システムなど不要」「いくら改良しても、3 年毎の補修サイクルが 4 年毎になるだけだから、従来の表層で充分である。」

ここでは、性こりもなく工夫を重ねている耐摩耗混合物を、タイヤチェーン向きとスパイクタイヤ向きで比較してのべる。

3-1 摩耗の実態

スパイクタイヤ等による一冬の舗装摩耗量は全国で、約 36 万 m³といわれ¹⁷⁾。これは市町村道を除く一般道路分である。したがって、市町村道を含めると更に莫大な量となる。また、これに伴って区画線や路面表示が交通量によって異なるが、毎年 1 回から 2 年間に 1 回の塗布頻度となっている。

写真-4、5 は一般国道における舗装摩耗の例で、深い縦溝を形成している。融雪水や雨水がこのわだちに滞留するため、摩耗を促進するという悪循環を繰り返すこ



写真-4 はみ禁区間の摩耗

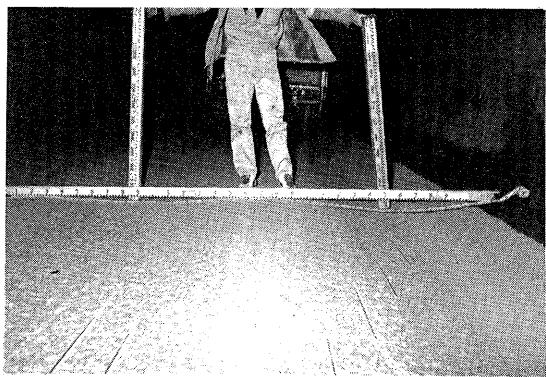


写真-5 トンネル内コンクリート版の摩耗

となる。

室内実験では、スパイクタイヤはタイヤチェーンの約 1/10~1/15 しか舗装を摩耗させないが¹⁸⁾、チェーンの使用が降雪時等の短日時に比べて、スパイクは路面の露出時を含めて 4~5 カ月も使用するから、結果的にはスパイクの影響の方が大きい。

積寒地舗装の年間わだち掘れ量のうち、冬期の摩耗が平均的に 65~80% を占めている¹⁹⁾。

補修工法にも工夫が加えられ、わだち部だけを埋める薄層補修は工事費が安くすみ、また補修より区画線が先行した場合でも、区画線が生きる利点もある。これをレール引きとか、わだちパッチとか呼んでおり、いわゆる「ゼロすり付け」施工も業界の努力で非常に上手になっている。高速道路では、走行車線だけの切削+オーバーレイが盛んである。

3-2 耐摩耗舗装

耐摩耗アスファルト舗装は、タイヤチェーンに対する対策として進歩してきた。そのための混合物は、細粒度ギャップアスコンを頂点として終ったかに思えたが、スパイクタイヤの登場によって再検討の必要が生じた。

日本道路公団の回転式舗装試験機は、スパイクタイヤによる摩耗試験機の草分けであり、昭和45年から実験開始、55年にまとめを発表している¹⁸⁾。遅れて昭和56年から北海道開発局が、スパイク式の実験を開始したが、初期はスパイクピンの改良を主眼としたので、混合物の実験は昭和58年からとなっている。

これらのデータを基に、チェーンとスパイクの摩耗試験比較をすると表-2のようになる。^{18) 20) 21) 22)} チェーン、スパイク両方に共通しているのは、F/A の大きなバインダーをたっぷり与えてよく締めることと、骨材の選択が重要なことである。特に細砂は産地を指定する程重要であり、硬い大きな粗骨材が有効なことである。一方両者の異なりは、チェーンには「軟かい混合物」スパイクには「硬い混合物」が有利というところであろうか。チ

ェーンではアスモルも有効で、高温で摩耗しなかった。スパイクではアスモルは摩耗が大きく、低温で摩耗しないという特性がこれをよく表している。

図-7は一般国道12号空知郡奈井江町で調査中の、試験舗装の一部である。なお、13F40とは、13Fで碎石量が粒度上で40%の意味である。また、ゴム(外)は配合設計をストレートアスファルトで行い、設定アスファルト量の外数にゴム固形分4%を添加したものである。室内試験の傾向と現地調査の傾向は良く似ていること、碎石の20mm級、ゴム外添加の効果の程度がわかる。

締固めの重要性は今更のべるまでもなく、チェーン時代から大切で、スパイクでも変りはない。昭和59年度から、北海道開発局では表層に限って、締固め度規定を96%から97%に引き上げた。これは、当時の実態調査で既に標準偏差を差引いても平均98.7%であったから、離れた下限値の底上げをねらったものである²³⁾。

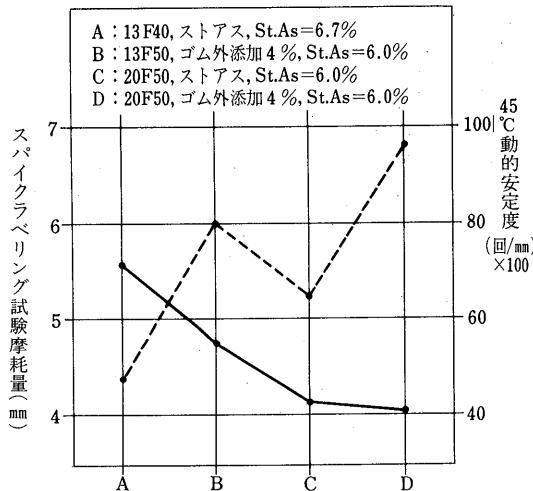
積雪寒冷地でも、夏日路面温度は60°C程度になる²⁴⁾から油断は出来ないのであるが、やはり夏日の期間は短い。したがって、温暖地域のようには流動性わだちに悩まされないが、大型車交通の多い路線でマーシャル安定度が700kg以下程度のものや、夏期夜間工事の交差点付近では、短期間で問題を起こすことが多い。

耐摩耗舗装はどうしてもフィラーとアスファルトが多くて、「ダンゴ」になり易い「重い」混合物になるから、施工にも充分気をつけなければ失敗することがある。ひとつは、スパイクタイヤの時期以前に、交通転圧のかか

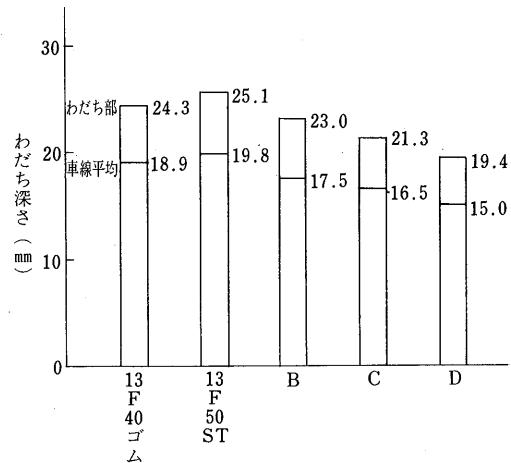
表-2 ラベリングのチェーンとスパイク比較

項目	機種	チェーン	スパイク
アスファルト	質	針入度の大きい方がよい	普通の針入度範囲では無関係
"	"	ゴム改質は大きいに有利	◎
"	量	多い方がよい	同左
石粉	量	多い方がよい	同左
砂	量	細砂が必要	◎
		粗細砂の混合がよい	◎
		碎砂はよい(混入30%)	◎
		碎砂はよくない(混入50%)	◎
碎石	ロサンゼルス	小さい方がよい	◎
"	量	40~45%が限度	60%までの実験では多い方がよい
"	最大粒径	大きい方がよい	◎ 同左
その他			
	アスファルト・モルタル	他の混合物と大差ない	◎ 摩耗大きく不利
	温 度	プラスの方が摩耗しない	◎ マイナスの方が摩耗しない
	水	摩耗促進する	◎ 同左
	ギャップとスムーズ	ギャップがよい	◎ 差がない
		差がない	◎
	締固め度	大きい方がよい	同左

注) ◎:開発局, ◯:道路公團



室内試験



現地調査(3冬2夏分)

図-7 耐摩耗試験舗装(12号奈井江, 58年施工)

る期間が短いと施工の一寸した欠陥が、すぐ摩耗となつて現れる。もうひとつは、既設舗装の亀甲ひびわれ部の湿潤、タックコートの未分解に気をつけないと、大規模なブリスタリングを生ずることがある。念を入れて、レベリング等の施工から日を置いて、表層を施工する等の配慮をした方がよい。良く締めた耐摩耗混合物がかかり易い病いである。

セメントコンクリート舗装の耐摩耗性は、アスファルト舗装に比較して北海道では1.5~2.0倍²⁵⁾、室内で圧縮強度400 kgf/cm²程度で1.6倍、800 kgf/cm²をこえると3倍位²⁶⁾、東北の現地調査では、3カ所の平均が約5倍となっている²⁷⁾。

最近少例ではあるが、コンクリート版の切削薄層オーバーレイ工法(厚さ5cm)が試みられて、成功しつつある²⁸⁾。これには、注入下地処理と強力な切削機、ショットブラストが不可欠である。トンネル内では、プレキャストPC版やRC版の敷設も行われている。

4. 横断ひびわれ

北海道では、比較的寒さの厳しい地域で、アスファルト舗装の横断方向に、5~20m毎のほぼ等間隔なひびわれが数多く見られる。このひびわれは以前から発生していたと思われるが、頻度が現在程ではなかったのと、車の走行にさほど支障がないために殆んど調査、研究が行われていなかつた。

しかし、昭和52年度施工の国道舗装に、翌年10~20m

間隔のひびわれが発生したことが、調査研究の発端となつた。北海道大学工学部菅原教授の下では、発電所水路のライニングに関して既に昭和50年から研究が行われていた。更に北欧や北米、カナダでは1960年代から多数の文献がみられる。

4-1 ひびわれの実態と特徴

昭和54年当初の時点では、北海道の国道舗装済み延長約5000 kmのうちの17%(840 km)に、程度の差はあれこの種のひびわれが発見された²⁸⁾。調査の見落し、オーバーレイで隠れた所、その後の舗装伸長等を考えると、現在では1000 kmの大台にあるのは確実であり、維持管理上の新たな問題である。

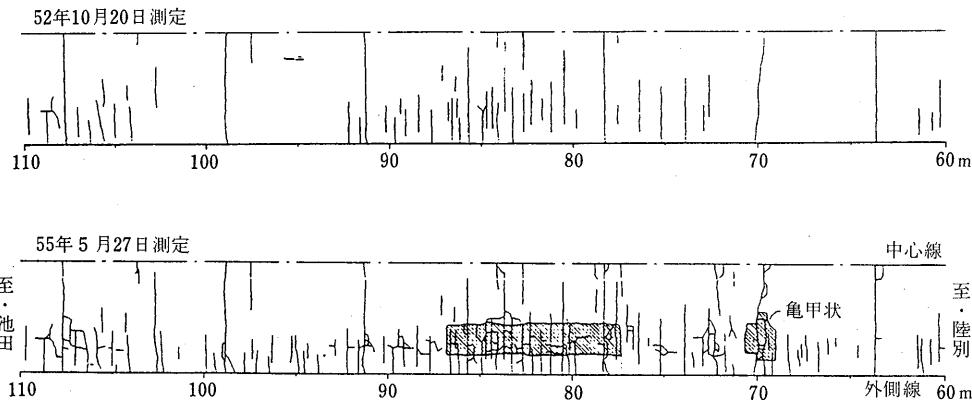
図-8は横断ひびわれの発達で破壊した舗装の、末期症状の一例である。また、写真-6は横断ひびわれの例であり、写真-7は特殊アスファルトの方向性を持たないひびわれの例である。

呼称は、横断ひびわれ、温度(熱)応力クラック、低温伸縮クラック、またクラックとひびわれ、亀裂が様々に使われているが同じものを指している。

原因是、特に冬期間の外気温の低下によるアスファルト舗装の急激な収縮による応力、あるいはその繰り返し温度応力による疲労と考えられている²⁹⁾。

このひびわれが、コンクリートのひびわれと異なる特徴は

- 1) 横断方向にはば等間隔に発生、経年と共に中間中間に本数が増加する。



図一8 横断ひびわれの発達（昭和46年度施工，242号足寄町）



写真一6 横断ひびわれ

- 2) ひびわれ幅は、温度変化に伴って変化し年々拡がる。
 - 3) 雨水樹、コア採取跡、区画線塗料のひびわれ等をきっかけに発生する。
 - 4) 高架、橋面舗装には発生しない。
- などである。

4-2 対策と問題点

道央高速の千歳、苫小牧付近にも多発しているため、日本道路公団では委員会を組織して対応策を検討している段階なので、今、対策をのべる段階ではないが、北海道開発局で実施した試験舗装の調査で、ひびわれ防止として有効だったものを拾うと³⁰⁾、

- 1) アスファルトは針入度級の大きいものを用いる。
- 2) アスファルト混合物には、吸水率の小さい骨材を用いる。
- 3) アスファルト混合物層と接する粒状路盤は、粗面仕上げとする。

吸水率はオイル分の吸収に関係している、と考えられる。路盤の仕上げは、アスファルト層との摩擦力を如何



写真一7 特殊アスファルト舗装の収縮ひびわれ

に大きくするかであり、砂利でなく碎石系のもので、目潰材を用いない粗な仕上げがよい。これは補足的に上部5 cm程度でもよいわけである。

表一3の例では、改質材を添加して針入度を調整した例であり³⁰⁾、針入度とひびわれ本数に関連がある。他の例でも針入度級が1ランク大きいと、ひびわれ本数は1/2～1/3となっている。現在のところ、この「軟らかさ」を表現するのに適切な試験が何かは不明である。

既に発生したひびわれの手当てについては、除雪機械のブレードが路面をこすり、スパイクが削るために、路面に帖ったり、のせたりする工法は失敗する。小さめのVカットに選抜された材料の充填が最良である。オーバーレイがのる場合は、既設舗装を加熱リフォームしてからかけるか、10cm以上厚くかけると良い結果は出るがあくまでも延命策である。

最終的には、地域を指定して特別仕様の舗装を造るのか、特別なことをせずに維持修繕で対応するかの決断を迫られることになる。

5. あとがき

まえがきにも記したように、諸誌で説明されていることは極力省略したので、話の流れがよくない文となった。また、東北や北陸の資料も調べ、北海道のことだけに片

寄らないように配慮したつもりではあるが、細部に至ってはどうしても自前の資料を用いた事をお許し願いたい。

最後に、資料提供に御協力戴いた、建設省東北地方建設局道路工事課三浦舗装係長、北陸地方建設局道路管理課樋口課長補佐に謝意を表する。また、技術管理業務舗装部会の資料も利用させて戴いた事を記して、謝意を表する次第である。

表-3 昭和56年施工(一般国道273号上士幌町三の沢)

項目	ブロックNo.	切込砂利 40 mm 級		
		1,4	2	3
材状	路盤材料			
料など	表層混合物	細粒度ギャップアスコン		
・	骨材吸水量(%)	1.1		
混	アスファルトの種類	St. 80 ~ 100	改質M 150	改質M 200
合	" 軟化点(°C)	46.0	40.0	37.0
物	" P·I	-0.8	-0.9	-0.6
の	" 量(%)	7.3	7.0	
性	フライア量(F/A)	1.71		
要因	アスファルト針入度	91	168	236
年	凍結指数(°C・日)	ひびわれ本数(本数/km)		
1981	1,213	0	0	0
1982	1,053	4.7	0	0
1983	1,323	4.7	7.7	0
1984	1,243	18.5	7.7	0
1985	1,364	18.5	7.7	0

参考文献

- 日本道路協会；道路排水工指針，丸善(株)，昭和54年2月。
- 北海道開発局；道路の凍上被害に対する実態調査並びに特殊工法に関する調査研究，第15回北海道開発局技術研究発表会，昭和47年2月。
- 土質工学会編；土の凍結——その制御と応用，土質基礎工学ライブラリー23。
- 菅原，久保；アスファルト舗装における凍上対策工法の力学的評価に関する研究，土木学会論文報告集No.297, p87~94, 1980.5.
- 高橋，佐々木，荻野；火山灰の凍上性と凍結融解後のCBRについて(第2報)，土木試験所月報第166号, 1967.3.
- 豊島，久保，美馬；凍結指数と道路の凍結深さに関する調査研究，第18回北海道開発局技術研究発表会，昭和50年2月。
- 熊谷，有田；マイクロコンピュータによる凍結深さ推定プログラムについて，土木試験所月報第380号, 昭和60年1月。
- 田口，久保，熊谷，川村；凍結指数の計算方法について，第23回北海道開発局技術研究発表会，昭和55年2月。
- 日本道路協会；アスファルト舗装要綱，昭和59年2月。
- 河野；舗装の凍上被害と対策，舗装，Vol.9.No.4, 1974.4.
- 北海道土木技術会舗装研究委員会；軽交通舗装設計要領(案)(昭和61年北海道版)，昭和61年3月。
- 川村，久保，熊谷；歩道の凍上対策に関する試験舗装，第13回日本道路会議，昭和54年10月。

- 13) 北海道開発局；道路工事設計基準
 14) 音羽；凍上防止試験施工について，東北地方建設局管内技術研究発表会，昭和60年8月。
 15) 北海道開発局；河川・道路工事仕様書
 16) 久保；積雪寒冷地舗装の凍上対策，土木学会誌，1979.2.
 17) 北海道開発局，(財)国土開発技術研究センター；冬期路面管理に関する調査業務報告書，昭和61年3月。
 18) 日本道路公団試験所；アスファルト表層混合物の摩耗及び変形特性，試験所技術資料第502号，昭和55年1月。
 19) 建設省技術管理業務舗装部会；摩耗分科会資料，昭和57年3月，昭和58年6月。
 20) 久保，熊谷，山西；スペイクラベリング試験による耐摩耗混合物の検討，道路建設No.444，昭和60年1月。
 21) 熊谷，上田，山西ほか；耐スペイクアスファルト混合物について，土木試験所月報No.382，1985.3.
 22) 山西，熊谷，ほか；碎石の質とアスファルト混合物の耐摩耗性，土木試験所月報No.397，1986.6.
 23) 熊谷；アスファルト舗装の締固め度，土木試験所月報No.374，1984.7.
 24) 北海道開発局；舗装体の温度について，第12回北海道開発局技術研究発表会，昭和44年2月。
 25) 久保；北海道における舗装の摩耗対策，道路，昭和55年2月。
 26) 根本，太田，今井；各種混和材料を用いたコンクリートの耐摩耗性，第28回北海道開発局技術研究発表会，昭和60年2月。
 27) 東北地方建設局；As舗装とCo舗装の耐久性比較試験調査，技術管理業務舗装部会摩耗分科会資料，昭和61年2月。
 28) 菅原，桑島ほか；セメントコンクリート舗装における路面修繕工法について，第28回北海道開発局技術研究発表会，昭和60年2月。
 29) 菅原，久保，森吉；温度応力によるアスファルト舗装のクラック破壊，土木学会誌，1979.4.
 30) 北海道開発局土木試験所舗装研究室；アスファルト舗装道路の横断ひびわれに関する調査研究報告書，昭和61年3月。

日本のアスファルト事情 1986年版

B5・48ページ・¥600（送料は実費）

当面するアスファルト事情を
 わかりやすく解説した資料です。
 広くご利用いただけるよう編
 築致しました。

ハガキにてお申込み下さい。
 申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
 和孝第10ビル
 日本アスファルト協会

目

次

★需 要	★課 題	
用 途		
需要の推移	品質規格	臨時石油アスファルト需給等対策会議
★供 給		道路予算
生 産	試 験 法	世界の原油確認埋蔵量
流 通	品質管理	原油 入量の推移
施 策	アスファルト舗装の特長	原油価格
		石油需給計画

積雪寒冷地における舗装の施工

間所貢*

1. まえがき

北陸地方建設局管内のアスファルト舗装は、冬期間、積雪寒冷地の宿命的な条件であるタイヤチェーン、スパイクタイヤにたたかれ、路面は摩耗しわだち掘れの進行が著しい、この摩耗に耐える舗装構造が要求されている。北陸地方建設局が開局されて以来、雪国の道路建設と管理を行い、この間、各種の舗装を研究し実施してきたが、いまだ北陸地方の厳しい条件を克服し、経済的に安定した舗装をつくりだすことに試行している現状である。

昭和33年の北陸地方建設局開局当時は、タイヤチェーンの摩耗対策としてワービット、シートアスファルト、トペカ舗装を施工してきた。これら細粒骨材を多量に含む混合物は、夏季の高温時に安定度が低下し、流動破壊を導びくとともに、路面が平滑に仕上がるため路面とタイヤ間のすべり抵抗が減少し、スリップ事故が多く発生していた。

北陸地方の夏は太平洋側と変わらない気温になるうえに、冬期は3ヶ月から4ヶ月の間タイヤチェーンやスパイク

タイヤにたたかれ、さらに降雨期間が長い苛酷な条件下にある。北陸地方のアスファルト舗装は、耐摩耗にすぐれ、すべり抵抗が大きく、かつ流動しない耐久性のある混合物が要求されている。

これらの要求に応えて、北陸地方建設局型細粒ギャップアスコン(13F)を開発して、昭和51年から北陸地方建設局管内におけるアスファルト舗装のはとんどの表層に採用してきた。さらに摩耗の少ない混合物の研究を進めている。現在では、骨材最大粒径20mmの細粒ギャップアスコンを試験施工している。

2. 締固め密度と摩耗

2-1 わだち掘れ量と締固め度

昭和58年度及び昭和59年度に舗装した箇所のわだち掘れ量と締固め密度を調査した。

スパイクタイヤ装着交通量100, 200, 300万台当りのわだち掘れ量と施工時締固め度との関係は図-1, 図-2, 図-3のとおりである。

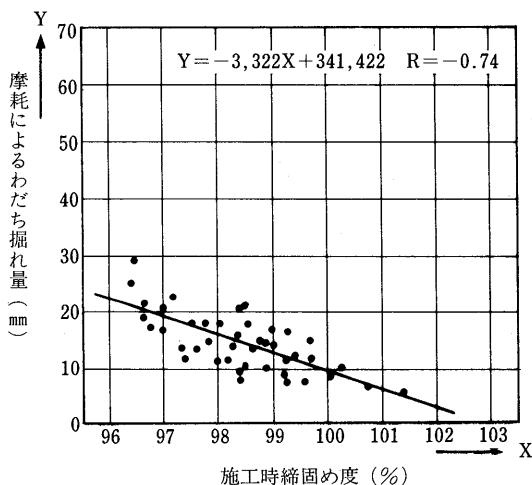


図-1 わだち掘れと施工時締固め度(100万台当り)

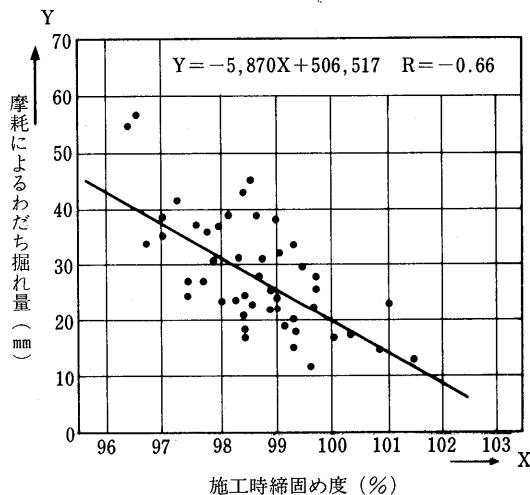


図-2 わだち掘れと施工時締固め度(200万台当り)

* まどころ みつぐ 建設省北陸地方建設局道路部長

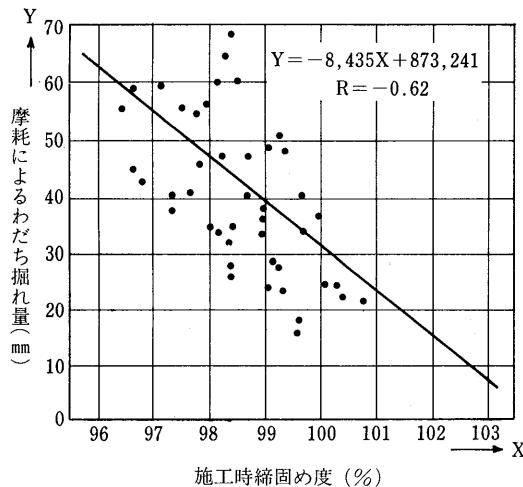


図-3 わだち掘れと施工時締固め度(300万台当り)

図-1を見てわかるとおり、施工時締固め度とスパイクタイヤ装着交通量100万台当りのわだち掘れ量との間には良好な相関関係が成立っている。摩耗量は、施工時の締固め度が大きければ大きいほど小さくなることがわかる。これは室内実験においても確認されている。図-1から判読すると施工時締固め度を1%上げることにより、100万台当りの摩耗量が3.3mm少なくなる。これによって、施工時の締固めが摩耗対策上大きな決め手になることが理解できる。

積雪寒冷地のアスファルト舗装は、出来形品質の合格判定値をアスファルト舗装要綱に示されている96%を、より高める仕様にすることが将来のメンテナンスからも得策であるといえる。

ここで、施工時締固め度とは、舗装直後に非わだち部の交通車両等が走行していないと思われる場所でコアを採取し、このコア密度（施工時密度）と基準密度の比率をいう。

2-2 施工時期と締固め度

施工時期別締固め度の実態は図-4のとおりである。図-4を見ると、6月下旬の施工から締固め度が徐々に高くなり8月下旬～9月中旬に施工した舗装が最も締固め度が高い。9月下旬から施工した舗装は、気温と路面温度の低下により、合材温度の冷却が急速に進行するためか、締固め度が急激に低くなっていく。施工上からは、わだち掘れ量を小さくするには温暖な時期に舗設することも一つの手段となる。

2-3 交通車両等による自然転圧

施工時期別に交通車両等によって、どの程度圧密され

るかを調べるために冬期前（11月）に外側わだち部のコアを採取し、密度を測定した。締固め度の上昇は図-5のとおりである。

自然転圧の締固め効果は、6月下旬から9月中旬に舗設した場合は圧密量が少ないが、9月下旬以降は締固め度が低いうえに圧密量が多くなっている。圧密量が多い舗装は、その分わだち掘れも大きくなっているので、路面排水が悪化し摩耗の促進を手助けしている。（注：路面が乾燥状態よりも湿潤状態のときの方が摩耗が大きい、従って消雪パイプ設置箇所、路面排水不良箇所が摩耗量が大きい。）

ここでも、わだち掘れ量を少なくするには、施工時の締固め密度を大きくする方策が良いことを示している。

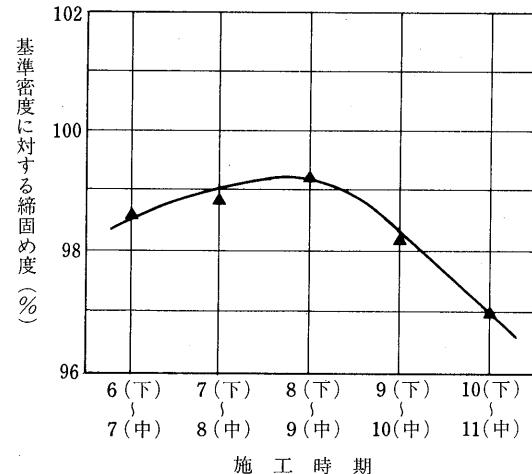


図-4 施工時期別締固め度（平均値）

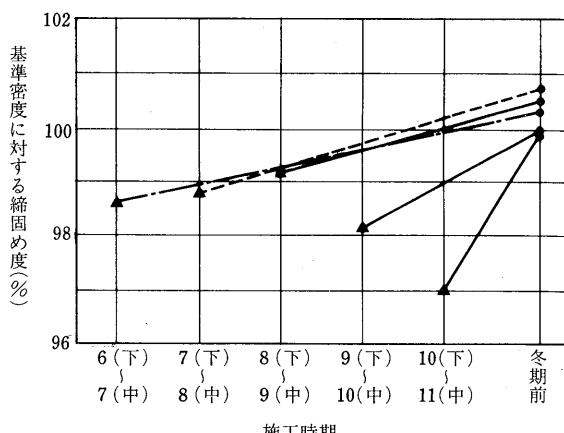


図-5 施工時期別自然転圧効果

3. はく離防止剤入りアスファルト混合物

はく離現象とは、骨材とそれを包んでいるアスファルト被膜との間に水分が入ってだんだんアスファルトが骨材からはがれることをいう。はくり現象が進行すると路面に顕著なひびわれや流動が生じ舗装の破壊を急速にする。

建設省土木研究所の調査によると、調査箇所の85%が、程度の差はあるく離現象が生じているという。これを防止するには、①アスファルト合材を耐久性に富む配合にする方法、②下からの水を遮断する方法、③はく離防止剤を用いる方法等がある。

北陸地方は気象条件上、舗装が湿润状態となる期間が長いため、北陸地方建設局管内でははく離防止剤入り合材ではなく離現象を防止しており、次に示す混合物に適用している。

- (1) 表層に用いるアスファルト混合物。ただし、ゴム等の改質剤を用いる場合は使用しない。
- (2) 基層に用いるアスファルト混合物。ただし、上層路盤の一部にアスファルト安定処理を用いた場合は使用しない。
- (3) 散水融雪施設設置箇所、水田地帯の低盛土箇所等のアスファルト安定処理層のアスファルト混合物。

3-1 添加量と温度管理

- (1) はく離防止剤の添加量は、アスファルト重量に対して0.3%を標準としている。
- (2) 温度管理は、混合時、舗設時ともストレートアスファルトの場合と同条件としている。

安山岩、砂岩、玄武岩、閃緑岩系の骨材に、はく離防止剤を0.3%添加したはく離試験の結果、すべてがはく離面積が5%以下となったので標準添加量を0.3%としたものである。

温度管理については、はく離防止剤入りアスファルトはストレートアスファルトと比較して針入度、軟化点、粘度等の変化範囲が微小なので、特に管理に留意する必要がない。

3-2 はく離防止剤添加の確認方法

(1) 製造前

- ①添加、無添加アスファルトのはく離試験をして比較する。
- ②添加中の写真撮影をする。(混入時の空缶の数量確認)

(2) 製造時

はく離防止剤特有の臭いがする。

(3) 舗設後

添加、無添加の供試体から、はく離試験をして比較する。

(4) その他

添加、無添加の供試体の残留安定度を比較すると添加したものは5~10%大きな値となる。

4. ゴム入りアスファルト混合物

北陸地方建設局管内においては、スパイクタイヤの急速な普及や大型車交通量の増大に伴い摩耗量が著しく多くなっており、また山間部等の道路においては、すべり抵抗の大きい舗装が要求されている。

このような特殊な条件の箇所においては、その対策としてゴム入りアスファルト舗装が多くなっている。ゴム入りアスファルトの特性として、粘着力、把握力、弾性力の増加、低温脆性の減少等がある。従って、ゴム入りアスファルト舗装は、無添加の舗装に比べ、耐摩耗、耐流動、耐すべり抵抗に優れていることになる。しかし、粘性が大きくなるため、温度管理に細心の注意をはらわなければならない。場合によっては、品質の低下を招き無添加の場合より悪くなる欠点を持っている。

4-1 適用箇所

北陸地方建設局管内においては、確実な施工管理のもとに、次の箇所でゴム入りアスファルトを使用することになっている。

- (1) 急勾配、急カーブの多い山地部の道路
- (2) 大型車交通量の多い道路(大型車交通量が3,000台以上/日一方向)
- (3) 停、発進が著しく多い交差点
- (4) 振動の影響を強く受ける橋面舗装(橋長50m以上)
- (5) 融雪施設設置箇所
- (6) 流動変形による深いわだち掘れパッチング箇所
- (7) その他特殊工法等でゴムを必要とする箇所

ゴム入りアスファルト混合物は、製造並びに施工に際し通常のストレートアスファルト混合物より温度管理を充分に行うことが必要で、それを怠った現場では効果が発現されていない。

図-6は、北陸地方建設局が試験舗装におけるゴム入りアスファルト舗装と無添加のアスファルト舗装のわだち掘れ量を調査し、比較結果を示したものである。図-7、図-8は室内実験データで、この結果からはゴム入りアスファルトの方が耐摩耗、耐流動に優れている。しかし、現地試験ではゴム入りアスファルト舗装の方が良い所もあり逆に悪い所もあるので、その効果が明らかでない。今後、現地施工について研究を続けなければなら

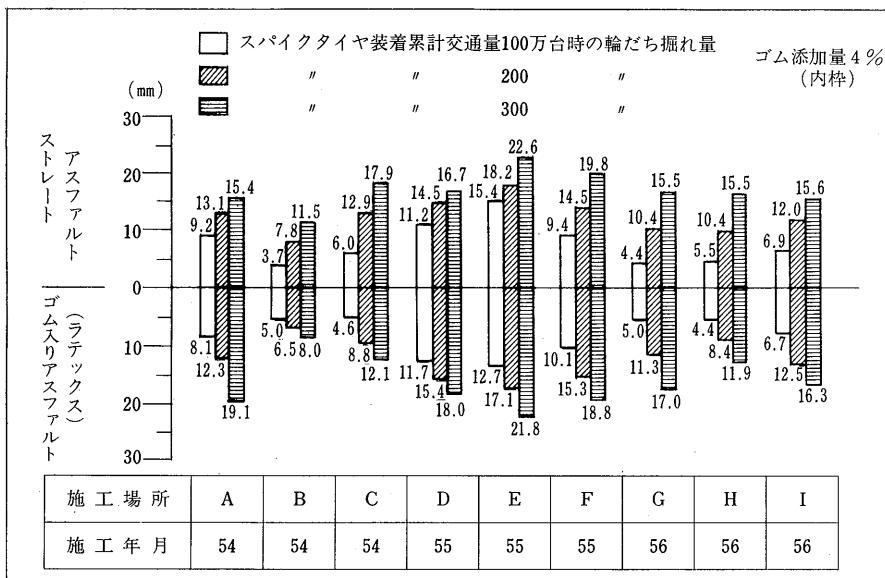


図-6 ストアス及び改質アス(ゴム)を使用した細粒度ギャップアスコン(13F)の冬期間累積交通量
(スペイクタイヤ装着)とわだち掘れ量 北陸技術事務所調査資料

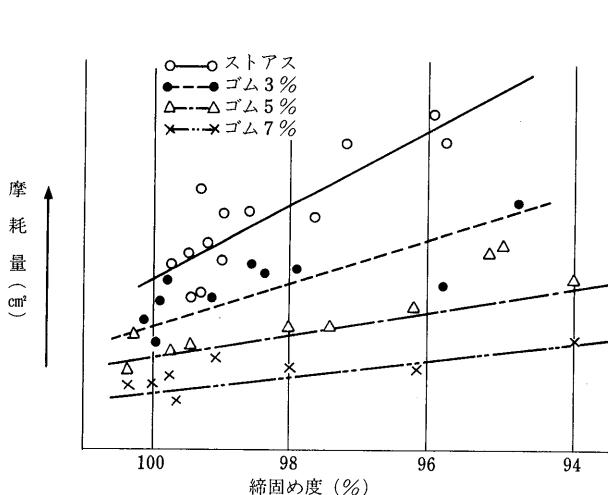


図-7 締固め度と摩耗量

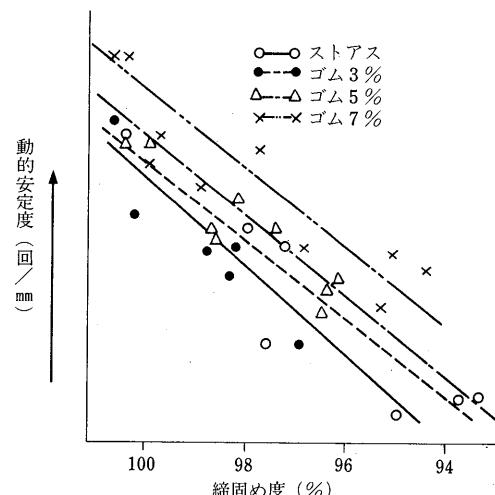


図-8 締固め度と動的安定度

ない。

4-2 配合設計

- (1) ゴムの添加は外枠とし、添加量は原則としてアスファルト量に対し 4 % を標準とする。
- (2) 最適アスファルト量は、ストレートアスファルトを用いてアスファルト舗装要綱により決定する。
- (3) 得られた最適アスファルト量に対し、ゴムを添加してマーシャル安定度試験特性値を求める。
- (4) 混合方法

所定量の骨材とアスファルトを十分に混合してから、ゴムを添加し更に混合を行う。

(5) 混合温度

ストレートアスファルト混合物より 20°C 高くする。但し、温度の調整は骨材温度によって行う。

(6) 締固め温度

ストレートアスファルト混合物より 20°C 高くする。

(7) 突固め回数

普通は両面各 50 回とし、交通量の多い所は 75 回とす

る。

4-3 混合物の製造

- (1) 混合方法は、骨材をアスファルトで一次混合した後、添加剤を専用ポンプで添加し2次混合する。各々の混合時間は次を標準とする。
- ①添加剤の添加前の混合時間……………10~15秒
②添加剤の添加開始後の混合時間……………35~40秒
- 全混合時間は舗装要綱に準じて45~55秒程度とする。
- (2) 混合温度はアスファルトの動粘度[50~300センチストークス(セイボルトフロール度75~150秒)]の時の最適温度の中から決定された温度より更に20°C高くなる。但し、185°Cを超えてはならない。混合順序及び混合時間の一例を示すと図-9のようになる。

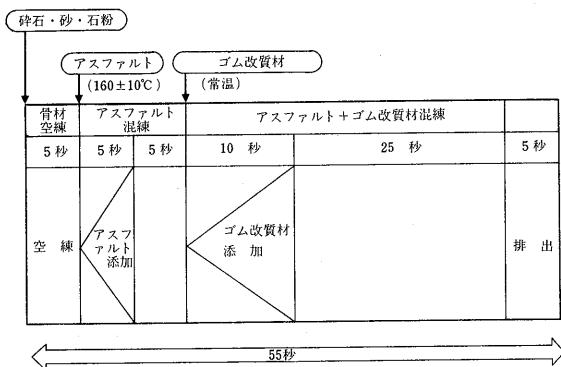


図-9 合材製造の一例

4-4 舗設

ゴム入りアスファルトの舗設は、次の項目に留意して行っている。

- (1) 舗設時の気温は、原則として10°C以上でなければならない。
- (2) 敷均しは、タックコートの養生を十分行った後、フィニッシャで行うものとする。敷均し後は、レーキでかき起したり、スコップで上乗せすることは極力避けなければならない。止むを得ず上乗せする時は、ダンプの荷台から熱い混合物を取り出して行う。
- (3) 初転圧は、できるだけ高い温度のうちにロードローラによって転圧する。締固め時の温度は140°C以上とし、ストレートアスファルトの場合より転圧回数をやや多くする。
- (4) 二次転圧は、初転圧後すみやかにタイヤローラによって転圧する。この際の温度は130°C以上とする。転圧時には、タイヤに混合物が付着するおそれがあるので、注意しなければならない。

- (5) 仕上げ転圧は、ロードローラを用いてローラマークが消えるまで行う。

ゴム入りアスファルト混合物は粘性が高いので、気温が高い時に高温度の混合物を手際よく敷均すことが肝要であり、気温が10°C以下で施工する場合は、路面等の保温、その他の処置をとるようにしている。

施工時期は概ね図-10に示すとおりである。

施工月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
時間帯	昼間											
	夜間											

図-10 適切な施工時期

タイヤ表面に混合物の付着を防止するには、次に示す方法が有効である。

- ①キズのないタイヤを使用する。
- ②タイヤローラにクリーニングバーを装着させる。
- ③タイヤ表面に軽油または灯油をうすく塗布する。
- ④タイヤ表面を加熱する。バーナーでタイヤ表面を温めるか、施工前に予め走行させてタイヤ温度を上昇させておく。
- ⑤タイヤローラの走行速度を速くしない。タイヤ方向転換は激急に行わない。
- ⑥切削油乳剤の散布は、タイヤの温度が上昇してから少量を噴霧させるとよい。
- ⑦タイヤに合材が付着した場合は、速やかに除去し、軽油等できれいにする。
- ⑧タイヤ転圧は、マカダムローラー転圧後速やかに実施する。一般的に混合物の温度が120°C前後の時、タイヤに合材が付着し易いので、これより高い温度になる様留意する。

ゴム入りアスファルト混合物を舗設する場合、特に温度管理を十分に行わないと所定の密度が確保出来ず、無

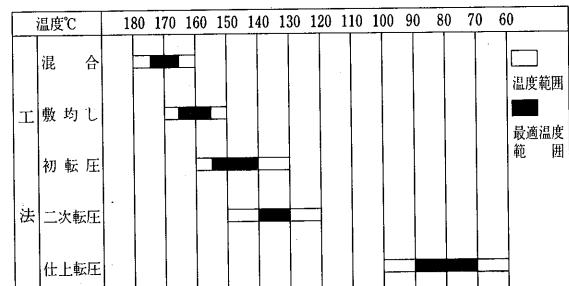


図-11 舗設時の温度管理の一例

添加の時より耐摩耗、耐流動が劣ることもあるので、舗設条件を確実に満足するよう管理しなければならない。又、気温の高い時期は、路面温度が下りにくいで、交通開放の時間に十分注意を払わなければならない。

4-5 品質の確認

現場におけるゴム混入の確認方法は、次に示す方法で行っているがゴム入りアスファルト舗装に隣接して、ストレートアスファルト混合物を用いた舗装箇所を設けて、概ね供用1年後に比較検討して確認する方法が有効であると考えている。

(1) ゴム混入の確認

ゴム混入を確認するには表一1の方法によっている。

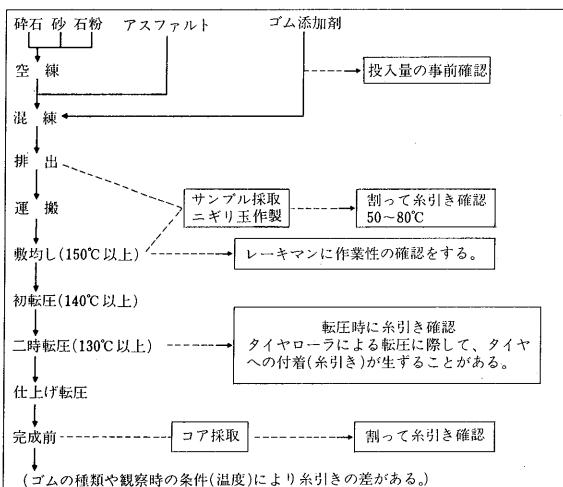
これらの確認についてのフローチャートは、図一12のとおりである。

5. 20mmトップの細粒ギャップアスコン

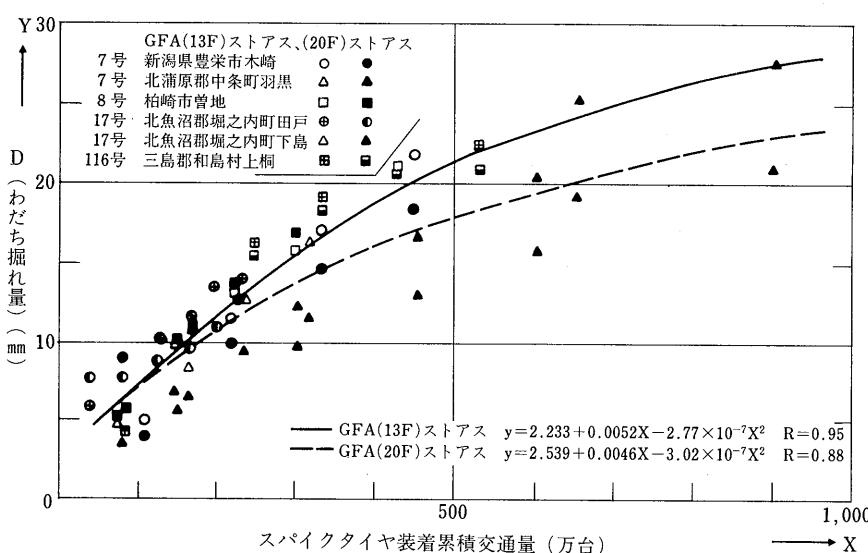
北陸地方建設局管内では、摩耗対策として細粒度ギャップアスコン(13F)を開発し、対処してきたが、最近の交通量の増大、車両の大型化、スパイクタイヤの普及により、以前にまして摩耗が激しくなってきている。より耐摩耗にすぐれた混合物を研究開発していたところ、最大粒径20mmの細粒ギャップアスコンが細粒ギャップアスコン(13F)より耐摩耗性にすぐれていることが室内試験で確認できた。図一13は昭和54年度の試験舗装から累積交通量とわだち掘れの関係を表わしたものであり、昭和55年度、昭和56年度の調査もほぼ同じ傾向を示して、20mm細粒ギャップアスコンの優位性が認められた。

表一1 ゴム量確認の方法

工 程	試 験 項 目	確 認 方 法
合材製造時	投入ゴム量の確認	計量投入装置を用いて事前に水で投入量をチェックする
施工中	合材採取 タイヤローラ走行時の目視	熱い合材で3~4個の「ニギリ玉」をつくり、一定時間後(合材温度が50~80°C)に割ると若干の糸引き現象がみられる。タイヤが路面から離れるとき糸引きがみられる。
施工後	コアの採取	コアを50~80°Cに温めてから割ると糸引き現象がみられる。



図一12 ゴム量確認フローチャート



図一13 スパイクタイヤ装着累積交通量とストアス(20F), (13F)のわだち掘れとの相関

5-1 施工上の留意点

- (1) 施工ジョイントにクラックやすりつけ部の合材の飛散、はがれが細粒ギャップアスコン(13F)より多く見られたので、施工ジョイント部断面にはタックコートを施し、ホットジョイントもしくはセミホットジョイントした方がよい。すりつけ部のはがれを解消するには図-14の施工が望ましい。
- (2) フィニッシャのホッパー内の合材を空にしてから次の合材を投入すると、合材敷き均しの境目にアスモル分が少ない混合物、すなわち粗骨材のみが集まり、表面があばたのような仕上がりとなる。
- (3) スクリュースプレッダーの中央部及び両側にも粗骨材の多い合材が集まる形態が見られる。このような現象は細粒ギャップアスコン(20F), (13F)とともに見られたが、骨材の最大粒径の違いからか、細粒ギャップ(20F)では際立っている。
- (4) 合材敷均し時に、スクリュースプレッダーが左右同時に作動している時は、それほど現われないが、片方のみの作動で敷均しを行うと前述のような現象がときどき生ずる。
- (5) 車道巾員が広くなると、スクリュースプレッダーにアタッチメントを取り付けて合材を敷き均すが、この時にも前述のような現象が生ずるので、わだち部に生じないようフィニッシャの走行位置に注意する。
- (6) 細粒ギャップ(20F)の配合は、図-15の粒度範囲に入り、特に稜角に富んだ5号碎石の配合率を25%程度とし、マーシャル試験に対する基準値(表-2)をそれぞれ満足し、アスファルト量を6.0%前後、F/Aは1.6~1.8にすることが重要な要素である。

6. あとがき

北陸地方建設局管内のアスファルト舗装は、車両の大型化に加えバイクタイヤの急速な普及により摩耗によるわだち掘れが著しく増大して、維持修繕費が嵩むばかりでなく、走行の安全性の阻害、道路横断するトラックの積荷の崩落、水はねによる走行者、沿道住民への悪影響等多くの問題が生じており、その対策は重要な課題となっている。

摩耗対策、すべり対策として、これらに対応できる新しい混合物の開発あるいは改質材の添加、施工法の改善等研究を進めてきたところである。この研究の成果の一つとして、締固め度が耐摩耗に大きな影響を与えていていることが明らかになった。

現在、表層の締固め度は、アスファルト舗装要綱で96

%以上と規定されているが、転圧機械の開発、転圧方法の改善を図り品質管理を厳しくして、規定を上げたいと考えている。また、施工時期が締固め度に影響することも明らかになっており、混合物が締固められやすい時期に舗設できるよう発注計画の検討を進めていきたい。

さらに、摩耗に強い混合物として細粒ギャップ(20F)を開発したが、これを舗設して現地での追跡調査を繰り返し、よりよい混合物に改良したい。一方、細粒ギャップ(20F)は良質な細砂を多量に使用しており、この細砂が入手困難な地域が出始めている。それらの地域には、その地域の骨材を使用した混合物の開発を進めていきたい。

今後も技術の進展と、社会的な要請にこたえるよう舗装技術の研究、開発により一層努力していきたいと思っている。

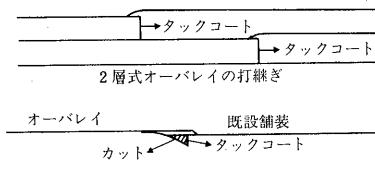


図-14 すりつけ部の施工法

表-2 マーシャル試験に対する基準値

突固め回数	50回	安定度	700kg以上
空ゲキ率	3~5%	フロー値	20~40 1/100cm
飽和度	75~85%	アスファルト量	6.3~5.7%

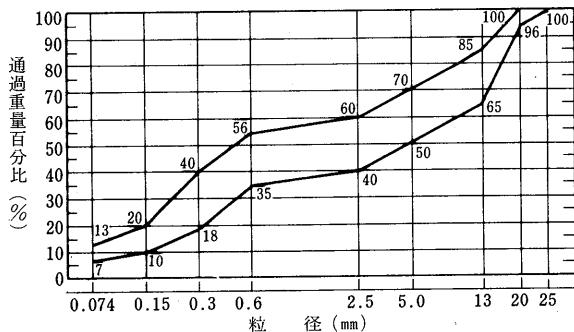


図-15 GFA(20F)の標準粒度範囲

参考文献

- 1) 北陸技報；北陸地方建設局
- 2) 北陸道路舗装会議技術報文集；北陸道路舗装会議実行委員会
- 3) 設計要領(道路設計編)；北陸地方建設局

積雪寒冷地における舗装の維持・修繕

間所貢*

1. まえがき

積雪地域における道路の舗装は、その厳しい気象条件下にあり、摩耗等に起因するわだち掘れによる走行安定性の低下、水はねによる走行者、沿道住民への影響等、その対策に苦慮している。

北陸地方建設局では積雪寒冷地域に適した舗装技術の開発に取り組んでいる。

以下北陸地方建設局における路面の性状、舗装修繕の動向について、記述する。

2. 損傷の実態

北陸地方建設局の舗装は、冬期間のタイヤチェーン及びスパイクタイヤ等による摩耗と夏期における塑性流動によって起因するわだち掘れがきわめて著しい。

その中で摩耗によるわだち掘れは全体わだち掘れ量のほぼ3分の2を占めている。(図-1)

わだち掘れの地域別状態をみると、トンネル、洞門、スノーシェッド等は常に路面が露出し、車輪の走行位置が定まっている区間は、わだち掘れが非常に大きい。また消雪パイプの区間も舗装の経年数(新設舗装または舗

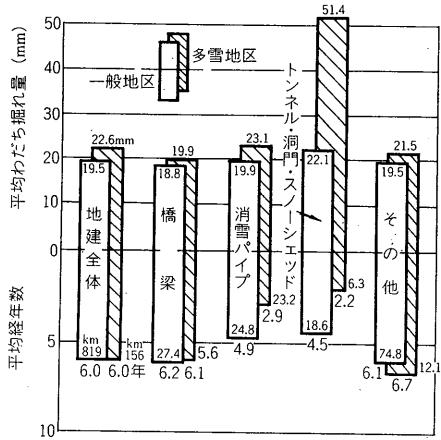


図-2 地区別わだち掘れ量(As 舗装) (58年度調査)

装補修してからの経過年数)が比較的少ないわりにわだち掘れが大きいことが判明している。(図-2)

降雪量の多い山間部では特に構造物区間で著しい摩耗が生じていていることは、タイヤチェーン、スパイクタイヤ等の装着率が高い地域ほどこの傾向が大きく現われるものと考えられる。

わだち掘れの増加は(図-3)の如く昭和50年では約

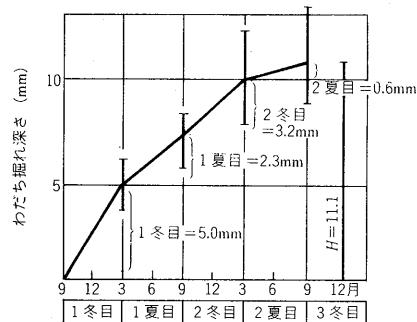
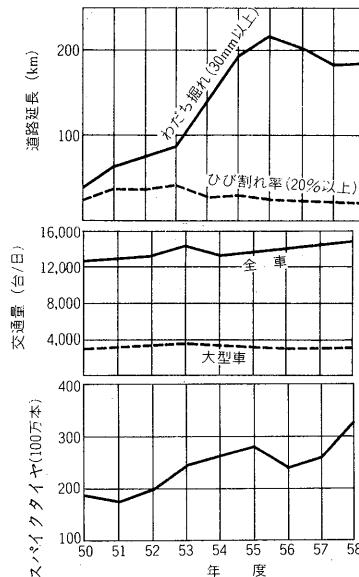
図-1 わだち掘れ深さの経年変化
(北陸地建管内11箇所の平均)

図-3 わだち掘れ量、交通量、スパイクタイヤの出荷数の経年変化

* まどころ みつぐ 建設省北陸地方建設局道路部長

40km程度であったのに対して昭和59年度では約180kmとなっている。

交通量は13000～15000台/日であり、また大型車混入率は、ほぼ20%程度で一定であるのに対してスパイクタイヤの出荷量は、昭和58年で50年の約2倍程度と増えており摩耗はスパイクタイヤによる影響がかなり大きいのではないかと推定される。

3. 路面の評価

路面の性状を評価し補修計画のための要素としては、ひびわれ、わだち掘れ、平坦性、すべり、騒音、振動、舗装構造等が上げられる。しかしこの全てを定量化して判断し、指数化することは困難であり、「ひび割れ率」と「わだち掘れ深さ」の2項目を主眼としてMCI(Maintenance and Control Index)（第35回建設省技術研究発表会）による舗装路面の評価を行ない、図-4により維持修繕工法の選定や、補修の優先順位を決める参考とし、さらに沿道状況、交通量、地域性等の要素を加味し、総合的に判定して維持修繕を行なっている。

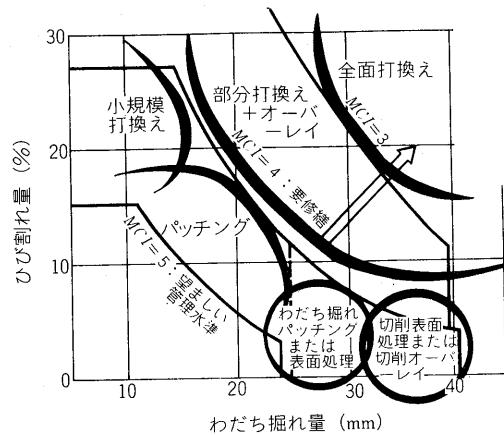


図-4 MCIと補修工法の概念図

MCI 5以上が望ましい管理水準とされており、工法的にはMCIが3以下では全面打換、4以下がオーバーレイ、5以下がパッチングや表面処理となっている。

当地域における路面撮影は、昭和51年度より管内約1000kmを3区内にわけ、1区間を3年に1回撮影車を使用して、100m単位で縦断凸凹、ひびわれ率、わだち掘れ量を把握し、このデータでひびわれ率及びわだち掘れ量を予測し、維持修繕の候補区間の抽出を行なうとともに補修歴等も加味したデータバンクの整備を行なっている。

このデータの蓄積に努めるとともに、これを用いて路

面性状の予測精度の向上や効果的な維持修繕につとめている。

4. 補修工法

舗装の維持修繕は緊急に措置を要する応急処理や当面の処置としての維持工事と長期的な観点から処置する修繕工事に大別して(図-5)に示すフローで実施している。

北陸地方建設局における維持・修繕工法の作業の主たる工法は(図-6)のとおりである。

また破損状況に対するアスファルト舗装における維持修繕工法の選定の目やすとしては(表-1)のとおりである。

補修工法の構成割合は(図-7)のごとく約10年間で損傷状況、施工方法などにより大きく変化しており、昭和55年度以降では、わだち掘れパッキングが大きな割合を占めている。

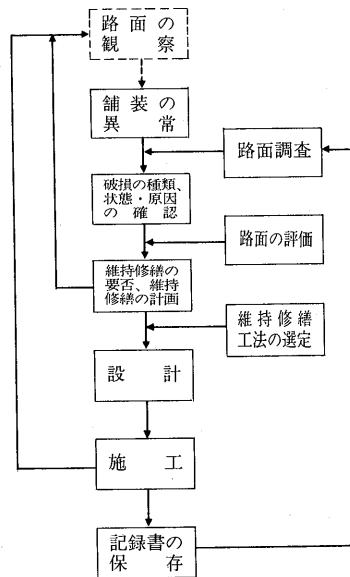


図-5 維持・修繕のフローチャート

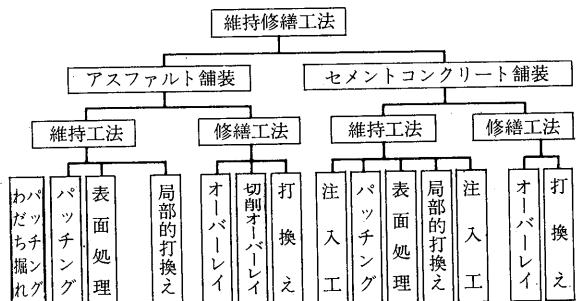


図-6 代表的維持・修繕工法

表-1 維持修繕工法と破損の種類

維持修繕工法		填充	パッチング	切削 (こぶ取り)	表面処理	局部打換え	オーバーレイ (レベリング)	切削オーバーレイ	打換え
主破損として構造に関する	亀甲状のひびわれ					○	○	○	○
	線状のひびわれ	○	○		○	○	○	○	○
	流動によるわだち掘れ				○	○	○	○	○
	縦断面方向の凹凸 コルゲーション				○	○	○	○	○
	はく離、老化		○		○	○	○	○	○
	噴泥								○
主因とする破損面性状に	摩耗によるわだち掘れ				○		○	○	
	流動によるわだち掘れ				○		○	○	
	ヘアクラック	○	○		○				
	ポットホール	○	○			○			
	くぼみ		○			○			
	構造物付近の寄り			○					

5. 補修計画

5-1 路面の現況と経年変化

(図-8)に示す年度別MCIの分布を見ると望ましい管理水準とされているMCI=5以下の累積度数が昭和50年では21%あったのに対して、昭和60年では40%となっておりサービスレベルは低下している。

この値は昭和54年～56年の値に比べいくぶん改善の傾向を示しているが、この要因としては、イ)路面撮影データの有効利用により的確な補修を行なったこと。ロ)補修工法に「わだち掘れパッチング」を採用しタイムリーな対応に努めたこと。ハ)舗装の混合材や施工方法等品質向上を図ったこと、等が考えられる。

5-2 路面の将来変化の予測

現状の補修水準と路面の供用性との関係を北陸地方建設局管内の過去の補修実績と供用の実態を基に5年後までシミュレーションより検討すると次のようになる(図-9)。

「補修量増・現状維持型」①

- わだち掘れ量25mm～30mm 表面処理30mm～40mm
- 年間補修量25% ($l = 230 \text{ km}$)
- MCI 4以下は昭和51年レベルまで改修出来る。
- MCI 5以下については現状維持

「補修量S 57なみ、必要最小限型」②

- わだち掘れ量28mm～32mm 表面処理32mm～40mm
- 年間補修量は20% ($l = 175 \text{ km}$)
- MCI 4以下は現状維持
- MCI 5以下については毎年悪化

「補修量減・レベルダウン型」③

- わだち掘れ量30mm～35mm 表面処理35mm～40mm

年間補修量は17% ($l = 150 \text{ km}$)

MCI 4以下、MCI 5以下とも悪化

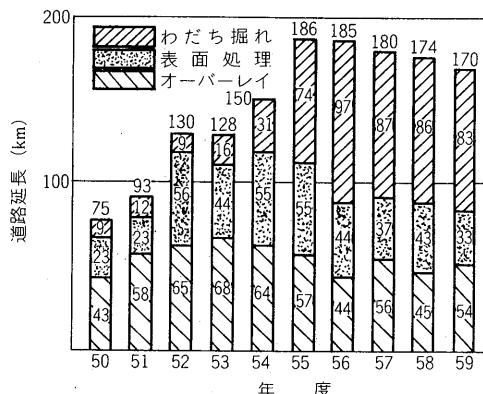


図-7 補修区分の経年変化

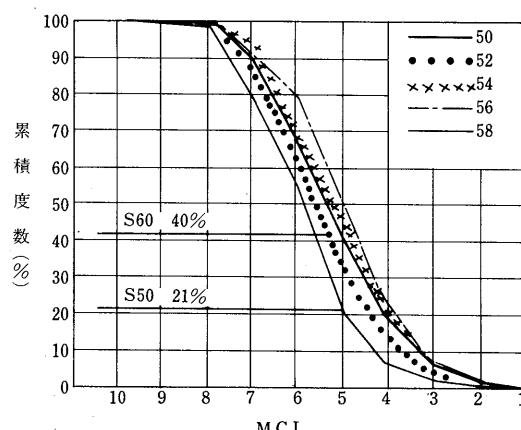


図-8 MCI 経年変化(累積度数)

以上のシミュレーションの結果でもわかるように現状の「必要最小限度」では、路面の供用性の悪化を招いており少くとも「補修量増型」の補修水準の確保が必要である。

6. アスファルト舗装の補修

6-1 舗装の推移

北陸地方建設局における舗装用混合物は図-10のごとく昭和35年以降、冬期間のタイヤチェーンによる摩耗対策とした細粒骨材を母体としたシートアスファルトとトペカが主体となって施工された。

その後、摩耗、流動、すべりに強い混合材の開発が要請され、昭和42年から本格的研究に着手し、昭和50年に北陸型ギャップアスコン、昭和56年北陸型ギャップシートを主要工種として採用するに至った。

6-2 アスファルト舗装の維持・修繕

(1) 北陸型細粒度ギャップアスコン

北陸型細粒度ギャップアスコンは骨材粒径2.5~0.6mmの差を5%として骨材間隙率を大きくした不連続型の粒度を持つ表層用の混合物である。(図-11)

この混合材の大きな特長は、

- イ) 施工厚が3~4cmと薄層施工が容易であること。
- ロ) 対摩耗性にすぐれていること。
- ハ) 粗面性がありすべり抵抗性が高いこと。
- ニ) 流動破壊が少ない等である。

(2) ギャップシート

わだち掘れ部の補修対策として従来は、わだち掘れ深さに関係なく舗装厚さ3cm程度の表面処理を標準としていたが、わだち掘れ部のみを填充することで再び路面を正常に近い状態に回復させることを目的として、通行車両の走向性の向上と平坦性の確保とともに耐用期間の延長を図るため、昭和56年からギャップシートによりわだち掘れパッチング工法を採用し、経費の節減を図っている。

ギャップシートは、(図-11)の如く最大粒径5mmの不連続型粒度のアスファルト混合物である。

当初は人力施工による混合材のまき出しを行なっていたが現在は機械化施工に変り、わだち掘れ補修用としてフィニッシャーに特殊な装着可能なアタッチメントも各社で開発されており、迅速かつ確実な施工が可能となっている。

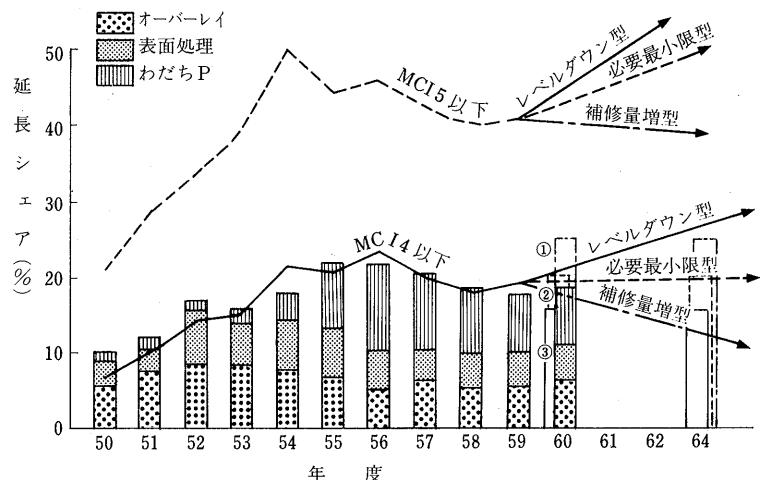


図-9 補修量とMCIの変化

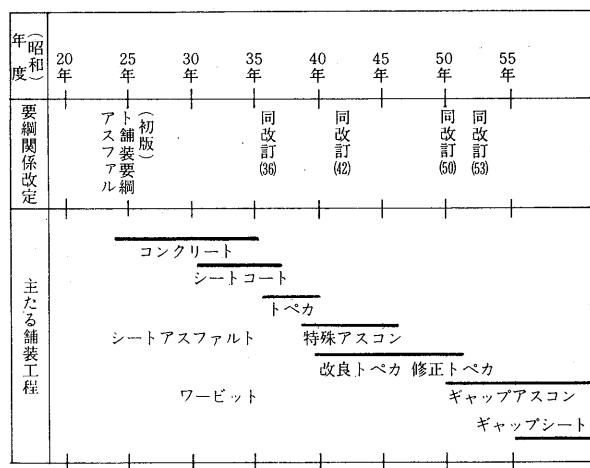
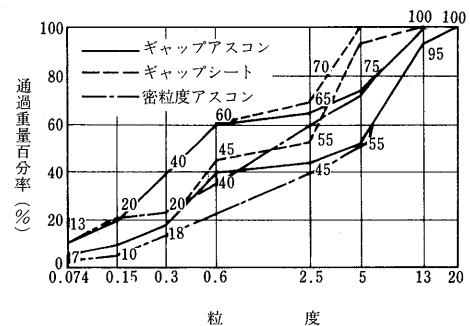


図-10 北陸地建における舗装の推移



	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (%)	フロー値 (1/100cm)
ギャップアスコン	3~5	75~85	500以上	50以下
ギャップシート	4~8	65~85	500以上	20~50
密粒度アスコン	3~5	75~85	500以上	20~40

マーシャル試験基準値

図-11 北陸型細粒度ギャップ混合材

なお、わだち掘れパッキングの施工については、市街地等で2輪車の多い道路や、多車線道路等で通行車輛の車線変更が生ずる区間は、走行性や水はね等の問題は若干残るもの、大型車が多くスパイクタイヤ、タイヤチーン等に起因するわだち掘れの補修には適していると思われる。（写真-1）

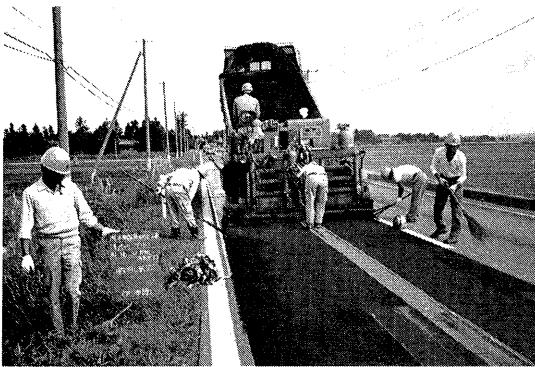


写真-1 わだち掘れパッキングの施工状況

(3) ポットホールの応急処理

ポットホールの規模は、深さ4～5cm、直径50～100cm程度、それにわだち部に長さ50cm程の帯状もしくは点々と発生する場合や、路肩部の舗装厚の薄い箇所で発生する場合が多い。

このポットホールは、ひとたび発生すると急速に発達し拡大することとなり、車輛走行上非常に危険な状態となる。したがってポットホールの補修は極めて、緊急を有することから雨・雪・寒冷時であっても施工せざるを得ない。最近におけるポットホール補修における混合材の使用量は表-2のごとくである。

表-2 ポットホール用混合材使用状況

	S 59	S 60	備考
常温混合材	230t	260t	
加熱混合材	4.890t	6.540t	パッキングを含む

ポットホールの補修の理想的な手順としては、縁切→清掃→乾燥→タックコート→混合材敷均→転圧→養生→交通開放であるが冬期の現道上での作業のため現場では短時間の作業が要求される。

このようなことからポットホールに直接舗装用混合材を投入し、タンバーヤ、作業車の車輪による転圧程度の場合が多く、時には、足踏み程度で交通開放後の自然転圧を期待して行なっている場合もある。

北陸地方建設局では昭和59年度以降本格的に常温混合材の施工性、耐久性について試験施工を実施している。種類は、カットバック系常温混合物5種類、現場混合タイプ3種類について調査を行った。

現在までに判明したところでは、作業性は現場混合タイプよりカットバック系が容易であるが耐久性はバラツキが大きい。現場混合タイプは、作業性に問題が多い。また耐久性に関して硬化剤の使用方法、混合方法等に左右されやすい面がある。

今後は、①ポットホールの水の排除方法と、転圧が十分に出来ないことからそれに対応出来る耐久性のある混合材の開発 ②小型で効率のよい締固め機械の開発等があげられる。

(4) 舗装のリサイクリング

北陸地方建設局においては、昭和56年度より路上再生工法を取りくんでいる。（施工量は表-3参考）

表-3 路上再生工法の施工量

施工年度	リフォーム	リグリップ	リペーブ	リミックス	計	箇所
56			3,500m ²		3,500m ²	1
57	4,620m ²		3,610	2,080m ²	10,310	4
58	4,740	540	10,650	5,430	21,360	9
59			27,450		27,450	7
計	9,360	540	55,210		62,620	21

今までの結果では、工法別の差異はほとんど見受けられずわだち掘れ混合材のストレートアスファルトとゴム入りアスファルトの比較ではゴム入りアスファルトが耐摩耗性に優れていると評価出来そうである。

しかし、長期の耐久性についてはまだ追跡調査が必要であること。及び補修工法の一つとして位置づけるには施工厚の設計方法、添加材や、新旧混合物の割合等配合設計の考え方の整理、施工機械、施工方法の確立、施工管理、品質管理を含め総合的に方向づけを行なう必要がある。

(5) その他のわだち掘れ対策

路面の摩耗を許容しながら平坦性を確保すると云った発想から、車線移動によって、摩耗の平均化を求めるものである。このために、路肩の舗装構造も車道並みにしておく必要はある。実施にあたっては、二三の留意点はあるが61年度から試行を行ない効果の確認を行なっている。

車線の移動の方法の1例は図-12のごとくである。

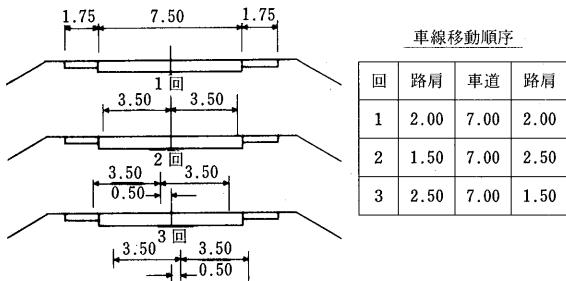


図-12 車線移動の1例

7. コンクリート舗装の補修

7-1 スチールファイバーコンクリートによる補修

セメントコンクリート舗装の有効な補修工法の一つとして、スチールファイバーコンクリートを用いた薄層オーバーレイ材として積雪寒冷地域の適用を試行しているものである。(表-4)

表-4 スチールファイバーコンクリート舗装実績

施工年度	場所	延長	備考
S 57	三川村	$l = 80m$	平均 4.0 cm
S 58	川口町	$l = 295$	4.5 ~ 7.5
S 59	米山トンネル	$l = 350$	平均 5.6 cm
S 60	具利羅トンネル	$l = 960$	平均 5.0 cm
S 61	城山トンネル	$l = 1325$	平均 5.0 cm

この結果、供用期間が短かく資料不足であるが、アスファルト舗装に比較した場合 3~5 mm 摩耗量は少ないことが確認されており本工法による実用度は十分に高いものと考えられる。今後の課題としては、①オーバーレイ厚の設計方法、骨材の最大寸法、スチールファイバー量の混入量等の検討 ②急硬性セメント等の使用による早期交通開放の時期、強度等 ③新設層と既設層の付着処理及び、ひびわれ対策の検討等が残されている。

7-2 コンクリートプレキャスト版による補修

トンネル、スノーシェッド等の限られた構造物内の空間で補修期間による交通障害を最小限にとどめるため、あらかじめ工場製作の PC プレキャスト版及び、鉄筋コンクリート版を現地に持ちこんで昭和58年度より本格的に試験施工を実施した。(表-5)

コンクリートプレキャスト版による工法は、他の工法に比べると施工期間を短縮出来ること、交通処理が最小ですむこと、品質管理に秀れていること、補修場所をブロック化出来ること等多くの長所もあるが、一方施工費

が高いこと、版の大きさ、ジョイント方法等当面解決する課題も残っており今後とも検討して行く必要がある。

7-3 特殊舗装(ブロック舗装)

インターロッキングブロックは、その特殊な形状により相互のかみ合せ力で平板として結合する機能がある。

従来その適用は、歩行者を対象としたものが中心であるが、すべり抵抗性が高く、補修の容易な点に注目して昭和59年度に耐摩耗性、明色性の確保を目的として一般国道8号郷津トンネルでまた、景観性、交通安全面を主眼として一般国道157号香林坊交差点で試験施工を実施した。(図-13、及び写真-2)

すべり抵抗、騒音等については問題ないが、施工厚の設計方法、品質規格の統一、施工性、供用性、経済性について資料を収集し検討することにしている。

表-5 コンクリートキャスト版により補修

施工年度	場所	施工面積	一枚当り寸法	備考
58	堀之内町	210 m ²	長 7.5m × 幅 3.5m × 厚 17cm	一般部
59	湯沢町三俣	210	7.5 × 1.75 × 17	スノーシェッド
60	湯沢町萱付	900	7.5 × 1.5 × 17	トンネル
61	湯沢町二居	1660	5.5 × 1.5 × 25	トンネル



写真-2 インターロッキングブロックの施工例

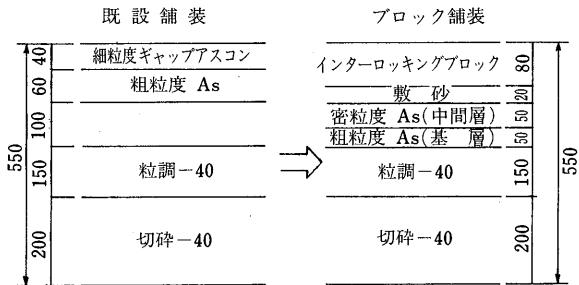


図-13 ブロック舗装構成(香林坊交差点の例)

8. 現場管理

アスファルト舗装の修繕工事における材料数量の算出においても供用中の道路で測量作業を行なうことから、簡単にかつ短時間で行なうことが重要である。

のことから北陸地方建設局においては、従来の11測点の測量法に変えて「舗装修繕厚算定システム」の検討とあわせて5点法千鳥測定法式を施行し、測定の効率化を図っている。（図-14）

このような方法で実施した場合、11点法に比して、5点法では、工事延長1400mの事例で、延べ作業日数が8日/28日となり、従来の3分の1で済む例が報告され、業務の改善に大きく寄与することがわかった。

9. あとがき

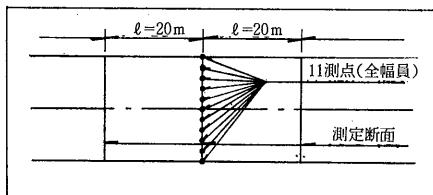
道路の舗装は車輌の安全性、快適性を確保するため適時適切な補修を行なって、道路の保全をはかって行く必要がある。

舗装はすでに維持補修の時代を迎えたといわれ、摩耗を主体とした維持補修は重要な課題である。

維持修繕工法は、地域性を配慮して種々試みられている。

このような現状から今後とも個々における舗装の経年変化の追跡、基礎データの収集・解析を行ない、この貴重なデータを既存の補修工法の検証と改善に備えるとともに、新しい舗装材料や工法の開発に積極的に取り組んでいきたいと考えている。

11測点法（従来）



片側5点千鳥法（改善）

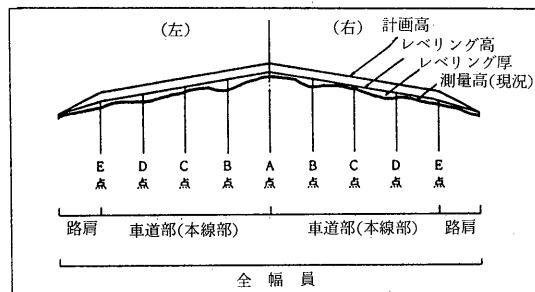
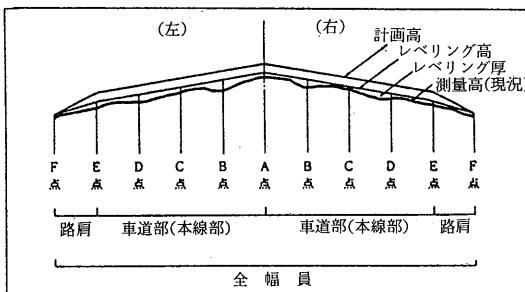
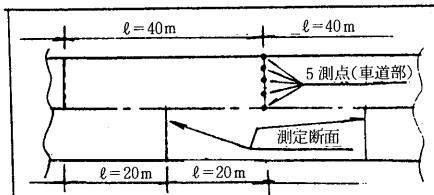


図-14 11測点法と片側5点千鳥法

冬期にスパイクタイヤなどの交通荷重を受ける舗装の留意点

渡辺茂樹*

1. まえがき

我が国の道路整備の中で、地方都市間を結ぶ高速道路は、全体計画35路線7600kmのうち、61年度末3908.8kmの供用が予定されている。(図一1)

この縦貫5道(東北縦貫、中央、北陸、中国縦貫、九州縦貫)を中心とした高速道路のネットワークは、道路交通の時間距離の短縮、輸送費用の削減といったメリットを生み、又、国内の物的、人的交流等従来では考えられなかった長距離交通が容易となり、定着している。

このため、今後の交通流は、冬季になっても変わることなく、増大することは確実である。

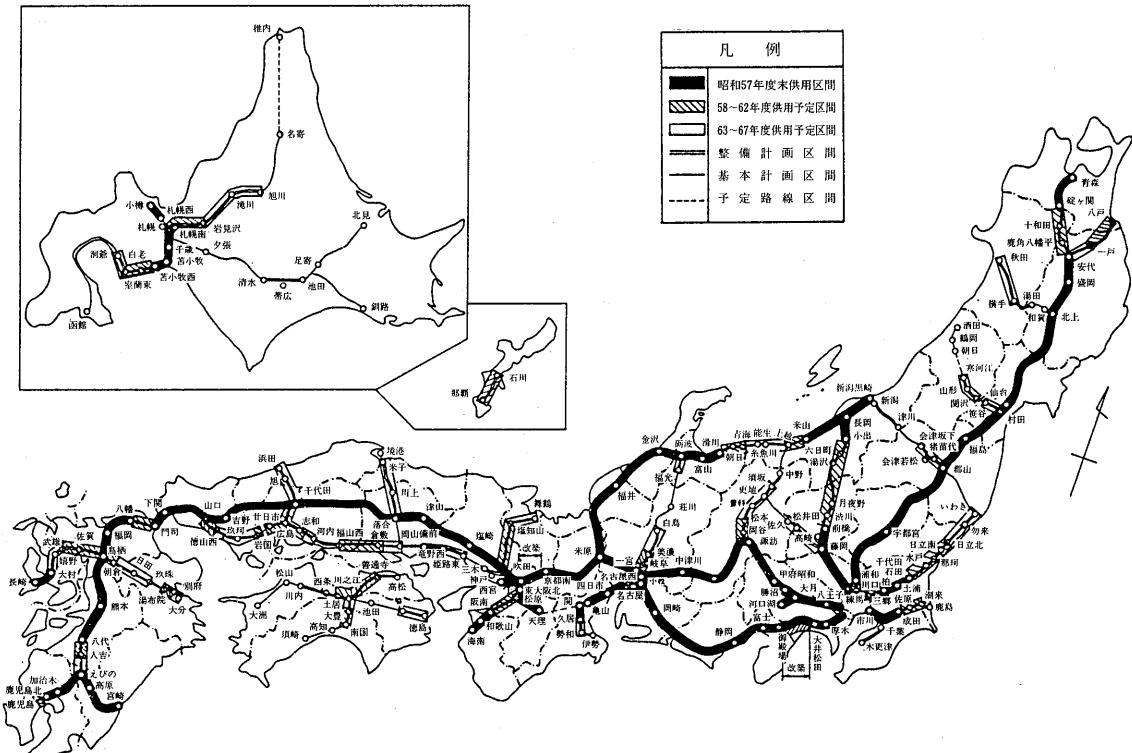
従来、舗装のわだち掘れ(摩耗)は、積雪寒冷地域とその周辺の問題であったが、これらの長距離交通が冬季に積雪寒冷地域から高速道路、国道等を経由して一般地域へ通行した場合、スパイクタイヤ等の装着により、舗装の摩耗破損が拡大する恐れがある。

そこで、一般地域では考えられなかった舗装破損がどのような地域で起り、又、どのような調査と舗装設計等が必要であるのか、その考え方と留意点を述べてみたい。

2. 交通形態の季節的变化

2-1 積雪寒冷地域と一般地域

積雪寒冷地域は、北海道、日本側を中心として、我が



図一1 高速自動車国道等の道路整備状況見込

*わたなべ しげき 建設省道路局国道第一課課長補佐

国の60%を占め、総人口の約23%がこの地域に含まれる。これに対し、一般地域はこれ以外の太平洋側が中心となる。

高速道路等の整備が進むと、これらの地域境界に関係なく交通量は増加するが、冬季の交通形態の特徴的変化は、積雪寒冷地域の自動車類が例外なく、スパイクタイヤ等の装着が義務づけられたり、交通安全及び自衛上欠かすことのできない装備となっていることである。

したがって、一般地域を走行する場合、どこで普通タイヤ等に変るかによって、舗装路面のわだち掘れ（摩耗）の影響範囲が変わってくる。

2-2 スパイクタイヤ等の装着と脱着時期

積雪寒冷地域では、地域によってスパイクタイヤ等の装着時期が一様ではないが、概ね12月中旬以降が多い。

この様な地域の一般乗用車は、一度、スパイクタイヤを装着するとそのシーズンが終る春先まで脱着しないのが通常となっている。

ここに、長野県警察各署が調査した県内の短時間におけるスパイクタイヤの車種別装着率（これ以外の装着は入らない）があるので、参考にさせていただくものとする。（表-1）

例えば、60.1.16～2.15でみると、車種別で普通乗用車が89.3%と高く、大型貨物車34.5%，大型乗用車39.1%が低い傾向にある。

又、県内車は、平均スパイクタイヤ装着率89.2%に対

し、県外車は42.2%と低い状況である。いろいろのケースで県内車が県外へ通行することもあるが、上記の例から県外の大型貨物、大型乗用は更に低い装着率が予想される。

これは、貨物車類のODトリップが長いため、一般地域のチェーン等脱着所で装備を外すという使い分けがあるためであると考えられる。

貨物車類のタイヤ装備をみると、（スノータイヤ又は普通タイヤ+チェーン）のケースが多く、大型貨物車ほどスパイクタイヤの装着率は少ない。

これを大別すると、一般乗用車はスパイクタイヤ、貨物、乗合類はタイヤチェーンというパターンとなり、後者が一般地域に与える路面摩耗の恐れは比較的小さく、スパイクタイヤの一般乗用車が一般地域のどこまで行くかが次の問題となる。

2-3 スパイクタイヤ等の舗装への影響

2-3-1 積雪寒冷地域の路面摩耗状況

積雪寒冷地域の1シーズン摩耗量は、図-2を例に各地で10～15mmが多く、このまま進行すると、2～3年のインターバルで表面処理等の補修が必要となってくる。

舗装路面の摩耗は、車道幅員の大小による影響も受けれるが、通常、1車線2本の溝状摩耗が進行するため、わだち掘れが大きくなると、自動車がハンドルをとられたり、交差点の直進、右折時にバウンドして、走行上、危険となる場合がある。

表-1 車種別のスパイクタイヤ装着率推移表(参考)

年別	車種	昭和58年				昭和59年		昭和60年		
		1/18	2/23	3/28	12/26	1/26	3/29	12/26	1.16～2.15	3.18～3.20
	大型乗用車	51.8 (57.4)	87.0 (87.0)	53.8 (60.9)	54.2 (71.4)	43.5 (57.0)	20.6 (26.9)	27.9 (47.6)	39.1 (49.8)	22.5 (32.7)
	大型貨物車	19.6 (25.3)	35.1 (47.3)	18.8 (23.7)	29.3 (35.5)	43.0 (54.7)	10.4 (10.7)	16.5 (22.8)	34.5 (45.4)	14.1 (14.6)
	普通乗用車	81.8 (87.2)	76.9 (80.3)	21.6 (23.1)	76.0 (83.2)	85.8 (91.5)	25.4 (24.8)	82.7 (84.7)	89.3 (94.3)	35.6 (36.9)
	" (タクシー・ハイヤー)	93.9 (93.9)	98.7 (98.7)	67.1 (67.0)	58.9 (62.8)					42.6 (43.6)
	軽四輪					89.1 (90.5)	29.3 (31.4)	81.1 (81.4)	74.2 (80.4)	42.0 (41.9)
	二輪				5.2					
平均%	スパイクタイヤ装着率	72.1	73.6	27.7	64.8	79.0	24.0	75.3	83.2	37.2
平均%	" (県内車)	79.5	78.2	29.4	70.7	85.5	23.9	79.2	89.2	38.6
	調査対象台数	3799 (3155)	2987 (2624)	2370 (2111)	5501 (4747)	5221 (4397)	4366 (3687)	9786 (9063)	21738 (18949)	12356 (11171)
	スパイクタイヤ 装着台数	2740 (2509)	2199 (2052)	656 (621)	3566 (3358)	4127 (3758)	1048 (881)	7373 (7179)	18080 (16904)	4594 (4309)

注：1. 各年とも通行車両について調査した。
2. ()内は県内車両のスパイクタイヤ装着率を示す。

3. 調査対象台数及びスパイクタイヤ装着台数欄の()内は、県内車両の台数を示し内数である。
4. 調査日時は60年以降県内25署では異っており、短時間の測定である。

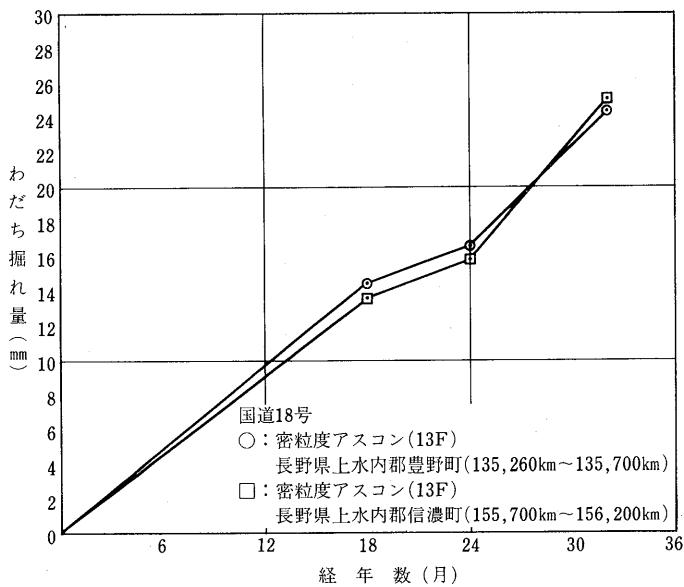


図-2 わだち掘れ量と経年変化

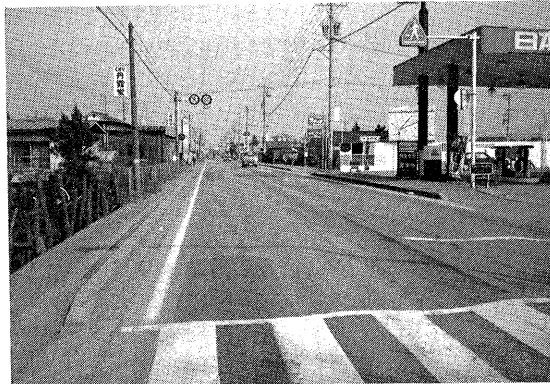


写真-1 わだち掘れ(摩耗)状況



写真-2 補修後(通称、レール舗装)

又、環境悪化として苦情の多い粉じんの飛散及び降雨、融雪時に溝状の窪みに雨水等が滞水、走行車の通過で飛散し、歩行者を汚損する等の問題が発生する。

この他、路面清掃、側溝清掃等の跡始末的作業が増大するので、適切、かつ、迅速な対応をしなければならない。

2-3-2 一般地域の路面摩耗現象

積雪寒冷地域から一般地域へ入ってからの路面摩耗状況を観察すると、一般的には、チェーン脱着所から5km程度で急激に減少し、20km程度になるとパトロールカーの目視ではわからなくなる。

これは2-2でも述べたように、摩耗促進の最も大きな原因となる大型貨物類のチェーン脱着が早く行われて

いるためと言えよう。ただし、道路が積雪地域を再度通過するような場合にはチェーンの脱着もないのに、路面の摩耗現象は続くことになり、様々なケースが出てくることになる。

一般乗用車が積雪寒冷地域からスパイクタイヤで一般地域へ通行するケースはかなり多いが、その影響がどの程度であるかについては、路面性状調査によって概要をつかむことができる。

3. 路面性状調査

3-1 基礎調査

3-1-1 摩耗の見分け方

一般地域における舗装路面の摩耗は、積雪寒冷地域と

異なり影響が小さいので見分け方が難しいが、スパイクタイヤでは、最初、舗装表面が小さなクレーターとなり、チェーンでは、それより大きい凹部ができる、アスファルトモルタル分が飛散する。これらが進むと、粗い凹凸面ができる。これがスパイクタイヤ等の摩耗である。

3-1-2 交通量とスパイクタイヤ等の装着率

一般地域でスパイクタイヤ等による路面摩耗現象がみられる地域ではどの程度のスパイクタイヤ等装着率があるかを車種別に調査することが大切であり、全交通量に換算し、1シーズンの摩耗量をつかんで、およそ何年程度で補修が必要となるかを予測しておく必要がある。

3-1-3 スパイクタイヤ等の装着範囲調査

(1) 積雪寒冷地域に隣接する一般地域

一般地域のチェーン脱着所を基準点として、5km、20km付近の3点の交通量とスパイクタイヤ等装着率を車種別に調査し、その遞減率等を確認し、摩耗量と装着範囲の関係をみる。

(2) 一般地域

一般地域でスパイクタイヤ等の摩耗現象がみられる地域では、基準点をつくり、そこから20km離れた点の2点で交通量とスパイクタイヤ等装着率を車種別に調査し、摩耗量との関係をみる。

3-1-4 摩耗量調査

一般地域で路面の摩耗量だけを測定するのは、極めて困難である。これは積雪寒冷地の一部でも言えることであるが、一般地域では特に夏季の流動が伴なうからである。

このような場合には、舗装の流動現象がなくなる10月ごろに一度測定記録し、翌年、摩耗現象が終る4月初め頃にわだち掘れ測定を行ない、10月との差を摩耗量とすればよい。この調査によって、その地域のわだち掘れの

内容がわかる。

3-2 路面性状調査

路面性状調査は、摩耗地域を路面性状自動測定装置等により、路面性状の3特性値（ひびわれ率、わだち掘れ量、縦断凹凸量）を測定し、維持管理指数（MCI）を求めて、維持修繕基準から補修時期を検討すればよい。

4. わだち掘れ（摩耗）の起る一般地域の舗装設計留意点

摩耗による路面のわだち掘れは、積雪寒冷地域はもとより、一般地域でも程度の差こそあれ、起こり得ることがわかってきた。

そこで、一般地域における舗装の維持修繕、新設に共通するわだち掘れ防止対策として→舗装設計の留意点を以下に述べる。

- ①耐流動、耐摩耗双方のバランスがとれる舗装とする。
- ②骨材が硬く、すりへり減量の小さい骨材を選ぶ。
- ③最大粒径は、なるべく大きなものを使用する。
- ④アスファルトは、低温時に脆化しにくく、骨材の把握力が大きいこと。

⑤摩耗層の検討

などがある。なお、参考までに、関係する混合物の種類、配合、基準値を以下に示す。（表-2, 3, 4）

又、アスファルトとして上記の条件を満たすものに改質アスファルトがある。

⑥改質アスファルト

舗装用石油アスファルトの60°C粘度を高めたセミブローンアスファルト、タフネス・テナシティや伸度を増加させたゴム入りアスファルトなどがある。

最近では、建設省土木研究所が中心となって開発した「筑波1号」（高粘度ゴム入りアスファルト）があり、開発目標をストレートアスファルトに対し、摩耗で80%程



写真-3 路面の摩耗状況

表-2 混合物の種類

		一般地域	積雪地域
基層		①粗粒度アスファルトコンクリート(20)	
表層		②密粒度アスファルトコンクリート(20, 13)	⑤密粒度アスファルトコンクリート(20F, 13F)
		③細粒度アスファルトコンクリート(13)	⑥細粒度ギャップアスファルトコンクリート(13F)
		④密粒度ギャップアスファルトコンクリート(13)	⑦細粒度アスファルトコンクリート(13F)
			⑧密粒度ギャップアスファルトコンクリート(13F)
摩耗	耐摩耗用		⑨細粒度ギャップアスファルトコンクリート(13F)
	すべり止め用	⑩開粒度アスファルトコンクリート(13)	

(注1) ④⑧の混合物はすべり止め効果を兼ねた表層に用いる。

(注2) ⑥⑦の混合物は耐摩耗用の摩耗層としても用いる。

(注3) ○内の番号は混合物の整理番号を、()内の数字は最大粒径を、またFは石粉を多く使用していることを示している。

(注4) おののの混合物の一般的性質は次のとおりである。

- ① 粗粒度アスファルトコンクリート(20)は、一般的に基層に用いられている。
- ② 密粒度アスファルトコンクリート(20, 13)は、耐流動性、すべり抵抗性に優れている。なお最大粒径20mmのものは特に耐久性に優れている。
- ③ 細粒度アスファルトコンクリート(13)は特に耐久性に優れている。
- ④ 密粒度ギャップアスファルトコンクリート(13)は、耐久性、すべり抵抗性に優れている。
- ⑤ 密粒度アスファルトコンクリート(20F, 13F)は、耐摩耗性に優れている。なお最大粒径20mmのものは耐流動性にも富んでいる。
- ⑥ 細粒度ギャップアスファルトコンクリート(13F)は、耐摩耗性、耐久性に優れている。
- ⑦ 細粒度アスファルトコンクリート(13F)は、特に耐摩耗性、耐久性に優れているが、耐流動性に欠ける点がある。
- ⑧ 密粒度ギャップアスファルトコンクリート(13F)は、すべり抵抗性に優れているし、耐摩耗性にも富んでいる。
- ⑨ 開粒度アスファルトコンクリート(13)は、すべり抵抗性に優れているが、耐久性に欠ける点がある。

表-3 混合物の標準配合

混合物の種類		① 粗粒度 アスコン (20)	② 密粒度 アスコン (20)	③ 細粒度 アスコン (13)	④ 密粒度 ギャップ アスコン (13)	⑤ 密粒度 アスコン (20F)	⑥ 細粒度 ギャップ アスコン (13F)	⑦ 細粒度 アスコン (13F)	⑧ 密粒度 ギャップ アスコン (13F)	⑨ 開粒度 アスコン (13)
仕上り厚 cm		4~6	3~5	3~5	3~5	3~5	3~5	3~4	3~5	3~4
最大粒径 mm		20	20	13	13	20	13	13	13	13
通過重量百分率%	25	100	100			100				
	20	95~100	95~100	100	100	95~100	100	100	100	100
	13	70~90	75~90	95~100	95~100	75~95	95~100	95~100	95~100	95~100
	5	35~55	45~65	55~70	65~80	35~55	52~72	60~80	75~90	45~65
	2.5	20~35	35~50		50~65	30~45	40~60	45~65	65~80	30~45
	0.6	11~23	18~30		25~40	20~40	25~45	40~60	40~65	25~40
	0.3	5~16	10~21		12~27	15~30	16~33	20~45	20~45	20~40
	0.15	4~12	6~16		8~20	5~15	8~21	10~25	15~30	10~25
アスファルト量%		4.5~6	5~7	6~8	4.5~6.5	6~8	6~8	7.5~9.5	5.5~7.5	3.5~5.5
アスファルト針入度		40~60 60~80 80~100								

表-4 マーシャル試験に対する基準値

混合物の種類		① 粗粒度 アスコン (20)	② 密粒度 アスコン (20)	③ 細粒度 アスコン (13)	④ 密粒度 ギャップ アスコン (13)	⑤ 密粒度 アスコン (20F)	⑥ 細粒度 ギャップ アスコン (13F)	⑦ 細粒度 アスコン (13F)	⑧ 密粒度 ギャップ アスコン (13F)	⑨ 開粒度 アスコン (13)		
突固め 回数	C交通 ^① 以上	75	75		50					75		
	B交通 以下	50							50			
空げき率%		3~7	3~6		3~7	3~5		2~5	3~5	—		
飽和度%		65~85	70~85		65~85	75~85		75~90	75~85	—		
安定度kg		500以上	(750以上) ^② 500以上		500以上	500以上		350以上	500以上	350以上		
フローアーチ 1/100 cm		20~40				20~80		20~40				
(注)① 積雪地域の場合や、C交通であっても流动によるわだち掘れのおそれがないところでは50回とする。 ② ()内はC交通以上で突固め回数を75回の場合とする。 ③ 水の影響を受け易いと思われる混合物またはそのような箇所に舗設される混合物の場合には、次式で求めた残留安定度が75%以上であることが望ましい。残留安定度 = 60°C 、48時間水浸後の安定度(kg)/安定度(kg) × 100												

度に抑える設定を行ない、60年度から全国直轄国道24箇所で試験舗装を実施し、ひき続き、61年度も試験箇所を増加して供用性に関する調査を行なっている。

5. あとがき

我が国の道路整備が進む中で、冬季の交通形態が変化することは、積雪寒冷地域以外の一般地域の舗装にどのような影響をもたらすか3.3(1), (2)で一つの提案をした

が、今後、影響調査等は整備・確立されていかねばならない問題である。

冬季のスパイクタイヤ等の使用については、粉じん公害等の社会問題を契機にタイヤ装備の見直し、研究も急がれている。

しかし、これとは別に、舗装の摩耗等改善の余地はまだまだあり、特に、アスファルト、骨材の改良が望まれるところである。

参考文献

- 新道路除雪ハンドブック：(社)日本建設機械化協会編
- アスファルト舗装要綱；(社)日本道路協会
- 道路交通経済要覧(昭和60年度版)(財)道路経済研究所

私の北海道舗装史抄

松尾徹郎*

私がまだ高校生だった昭和25年のある朝、札幌市内のわが家の前に1台のトラックが止った。これから千歳へ向うという。札幌千歳間は40km足らず、空っぽの荷台に4~5人の作業服の男をのせてトラックは出て行った。

その日も暗くなつて、トラックの音がした。道路が曇んでいて千歳まで行けず、諦めて途中から引返してきたという。荷台の男たちは悪路脱出の手助けのためだったが、彼らの力をもってしても遂に用を果せなかつたらしい。

移動の手段は自分の脚と市電しかない、行動半径の小さい高校生の私には、助っ人を従えた強力なトラックが、1日かかっても40kmを走れない道路状況とは、いったいどんなものなのか想像もつかなかつた。

昭和30年代初期の北海道では、大きな街のメインストリートが舗装されつつある段階で、郊外へ出ると国道もほとんどが未改良の砂利道だった。

北海道の東部の街、釧路に勤務した私は、昭和33年にはじめて舗装工事に携わつた。当時、北海道開発局ではすでに、寒冷地の舗装の基本である凍上対策工法、摩耗層などは規準化されていた。

その頃のある春の一日、数人で現場調査のためジープに乗つて出掛けた。家並みを外れると、道路の両側に拡がる原野は、雪はすっかり消えているがまだ一面の枯葉色で、若草が顔をのぞかせるにはしばらく間があるようだった。突然、車のスピードが落ち、はげしく揺れはじめた。道路のところどころが大きく波打つたりわだちができたりしている。砂ぼこりが舞うほどに路面は乾いているのに、でこぼこの個所はふわふわと軟かく、一部には、押潰した饅頭から餡がはみだしているように、地中から泥が噴き出している。運転手は少しでも波の小さい所をと、右へ寄り左へ寄り、時には路肩からはみ出さんばかりに額に汗を浮かべてハンドルを切り、我々は天井に頭をぶつけないよう必死に座席にしがみついていた。

悪戦苦闘して腹をこすりながら進むわれわれのジープの横を1台の自転車がすいすいと追越し、どんどん遠ざかって行った。大波小波がはてしなく続く道で、ジープはついにその自転車に追いつけなかつた。

道路凍上の融解期の被害をまのあたりに見、体験したのはこれがはじめてだった。

釧路の冬は気温は低いが雪は少く、からつと晴れた日が続いて、道路の凍結深が大きくなる気候である。

昭和35年の冬、秋に完成したばかりの舗装がでこぼこになったとの報せが入ってきた。早速現地へ行ってみると、中央線のあたりが、延長にして5mばかり盛り上っている。

おそらく凍上だらう、確認のために掘つてみようということになり、盛り上つた箇所の舗装を壊して孔を掘りはじめた。約10cmのアスファルト混合物の下は砂利路盤である。表面から約40cm掘り下げたところで土が出てきた。凍上抑制層としての砂を含めて、総厚80cmは粒状材料とアスファルト混合物の筈だから、ここは設計どおりに出来ていない訳である。

在来道路に総厚80cmの舗装体を新設するには、郊外地では盛上げ工法が、市街地では掘下げ工法が主として用いられた。在来砂利道路面を路床として舗装体を盛上げる工法は、新しい道路が周囲より一段と高くなり、冬には雪が吹き払われて路面に積らず、除雪の作業を軽減できる利点もあって、多く用いられている。しかし市街地では沿道の家屋その他の出入りの便のため、路面高を大きく変えることはできず、掘下げ工法をとらざるを得ない。

片側交互通行の規制をして、車を通しながらの施工がほとんどであった。まず道路の片側半分を掘下げ、凍上抑制層の砂と下層路盤の砂利を敷いて転圧した後、反対側を掘削するのだが、土は1m程度を鉛直に切下げることができるが、砂と砂利の層は締固めてあっても鉛直に

*まつお てつろう 前北海道開発局土木試験所長 現ツカサコンサルタント株式会社 技術顧問

立ることは難かしく、通る車の振動でも崩れてくる。中心線上の境界面に土を残さず、しかし無駄なく掘っていくことは、施工する人たちにとっては気を使うことであった。まだ少々掘り残している土の壁に前半で施工した砂利が崩れてきて覆ってしまい、結果としては中心線に沿ってくさび状に土を残したまま、路盤工を完成したとしてしまうことが時々起る。日頃注意していたのだが、やってしまったらしい。掘りすすむと土の中に厚さ約1cmの氷の層が何層もあった。氷の層は縦に縞模様があり、土粒子を全く含まず、霜柱そっくりである。

まさに教科書どおりの凍上現象だった。

舗装の耐摩耗性向上の目的でアスファルトにゴムを混入する試みは、昭和29年にも行なわれたようである。当時は古ゴムを切り刻んでアスファルトケットルに投入し、かきまわして溶かし使用するという、非常に手間のかかる方法がとられた。

その後しばらく使われることがなかったが、昭和38年頃に、工場でゴムを混入したプレミックスタイプの、ドラム罐入りのゴムアスファルトが入ってきた。ストレートアスファルトの1tあたり17,000円にくらべて、ゴム分5%添加で50,000円と高価であったが、アスファルトモルタルの供試体でラベリング試験をすると、すりへり減量は、ストレートアスファルトの約1.2cm²に対して0.3~0.4cm²と、価格に十分つり合う効果が認められた。施工した結果も越冬後の路面の摩耗状況に差が見られた。

この時の問題はゴムの添加量であった。アスファルトにくらべ非常に高価なゴムを5%添加しての価格を定めている。使用する側としては現場に搬入されたドラム罐の中のアスファルトに、ゴムが正確に入っていることを確認したいのだが、化学屋さんに尋ねてみても現場やその周囲で簡単に試験できるものではない。

本来値段は品物の価値・効用で定まるべきであって、耐摩耗効果をねらったゴムアスファルトは、すりへり試験結果が問題でゴムの添加量を問題とする必要はないと考えてみるとだが、それではうんと言ってくれない人がある。

悩んでいるうちに、昭和40年にアメリカのファイアストン社のラテックスが入ってきた。アスファルトプラントで、定められた量のラテックスをミキサーに投入する方法は、ゴムを自分で計量するのだから、添加量についての悩みは無くなった。アスファルトがドラム罐から次第にローリー輸送に変って行くにつけても、手間が少くてすむプラント混合式のラテックスは便利だった。昭和

42年には国産のラテックスも、2社から発売されるようになり、ゴムアスファルトはラテックスを用いたプレミックスタイプへと移って行った。

ラテックスはゴムと水分とがほぼ半々であり、それを勘定に入れてミキサーへの投入量を計算しなければならない。路面電車の軌道敷の舗装を手引きで行なった時、レーキマンが混合物が非常に重たいと言い、見るとレーキに納豆のような糸を引いている。すぐプラントに連絡してチェックしてみるとラテックスを計算間違いで倍量使っていた。そんな失敗もあった。

次に問題になったのは、ゴムアスファルトは常に費用に見合うだけの効果があるかということだった。路盤工までを完成させて交通に供用し、翌年、春から舗装を行う工事方法が減って、単年度に土工、路盤工、舗装を施工する工事方法が多くなり、表層は冷い風の中で舗設されるようになった。混合物は冷えやすく、締固め不十分で密度が上らない結果になって、特に高温で使いたいゴムアスファルトには不利であり、耐摩耗効果が十分に現れないことも起る。

昭和39年に札幌近郊で行なったゴムアスファルトの試験舗装を昭和55年に調査した。試験はストレートアスファルトとプレミックスタイプのゴムアスファルト2種を使い、施工延長は各々300m、表層は厚さ3cmの細粒度アスファルトコンクリートで施工時期は8月だった。16年供用しての外見はゴム入りAはわだちを認められるものの良好な状態、ゴム入りBはわだちが認められ数か所に中間層が露出してパッチングを要する時期になっている状態、そしてストレートアスファルトの区間は、センターライン付近と路肩に僅かに表層が残っているだけで、車の通行部分は全面的に中間層が露出し、一部にはオーバーレイがされていた。各々2か所を横断方向に舗装を切取って厚さを測定したところ、残存表層の平均厚さは1.85cm、1.09cm、0.41cmであった。舗設時の厚さが3.0cmであったとすれば平均摩耗量は1.15cm、1.91cm、2.59cmで、ゴムアスAはストアスの2.2倍の耐摩耗性があったと言える。施工費が570円/m²対360円/m²と1.6倍だったことからすれば、十分な効果があった。

その後これほど顕著な差がついた例を聞くことがないのは、アスファルトか、ゴムか、施工か、何がどのように変わったのだろうか。

昭和40年代のはじめまでの未舗装区間がまだあちこちに残っていた時期には、前述のように路盤工完成までその年度の工事を終えて、冬の間は砂利道の形で交通に

供用し、舗装工事は春から始まった。したがって順調に進めばお盆までに表層までの施工が終る。暑い時期に施工したアスファルトモルタルは、その後しばらくの残暑の期間に、通過する自動車のタイヤによって密度がさらに増して、耐摩耗性が向上し、また小さな傷は踏み消されてきれいな表面になる。

摩耗層としてのアスファルトモルタルは、やや過剰気味に配合されているアスファルトが、タイヤローラーの転圧で表面に滲み出たフラッシュ状態が生じる。気温が高ければフラッシュしやすい。フラッシュを見てわれわれは、摩耗に強い舗装ができたと安心したものだった。フラッシュの度が過ぎて、ローラーの後から石粉をまいて歩くこともしばしばあったが。

このような路面は、雨の降りはじめには非常に滑りやすくなり、車の路肩への逸脱や、時には路外への転落も起った。スリップ事故で仕上げたばかりの路肩の張芝を踏みつぶされて、われわれは「新しい舗装だからと嬉しがってやたら飛ばすから事故を起す。雨の日ぐらいは慎重に走ったらどうだ」などと、ドライバーに対して怒ったり嘆いたりしていた。交通量もまだ少なかったからだろうか、幸いなことに死亡事故が出たとは聞いたことがなかったので、呑気なものだった。

しかし警察の事態の受取り方は違っていた。各地の現場で警察から「舗装完成直後しばらくの間は、滑りやすい注意」との看板を立ててくれ」と注文された話を聞くようになった。最初はそんな恰好の悪いことが、などと言っていたが、各地で路面の摩擦係数を測定してみると、舗設直後のアスファルトモルタルは平均0.3、低い箇所では0.13と、氷の上とあまり変わらない値もあることが分った。このまま放置すれば、交通量が年々急増している状況の下で、スリップは単独事故だけではすまなくなり、衝突、死亡事故とエスカレートして行くと思われる。騒ぎが起きる前に先手をとって改良しなくてはと考え、す

りへりとすべりの両面から表層を再検討することにした。

土木試験所が行なったさまざまな試験や調査の結果とその意見によれば、粗骨材を含む混合物のラベリング試験すりへり量は、ベースのアスモルの品質に支配され、粗骨材量約40%まではほぼ一定で、それ以上になるとすりへり量は増加する。一方すべり摩擦係数は、従来からの標準的表層であるアスファルトモルタルや細粒度アスファルトコンクリートでは、舗設直後から0.4以上の値を得ることは難かしく、粗い表面が望ましい。

検討の結果、前年に230号中山峠で試験的に施工したものを参考にして、昭和45年度北海道開発局道路工事設計基準では、標準的表層を細粒度ギャップアスファルトコンクリートに変更して、耐摩耗性と同時に十分なすべり摩擦係数を持たせることにした。

変更には特別な問題は生じなかったようである。秋になって各地の工事が終る頃、ぽつぽつと現場からの評価が聞えてきた。施工上の問題としては、フィニッシャーによるひきずりクラックができやすいので注意を要するとのことだった。路肩の張芝の手直しはめっきり減ったという報告があった。もともと手直し件数は調査や集計をしたことないので、表現も抽象的にならざるを得ないが、目的を達していることが判った。路外転落事故の減少も勿論である。測定車を走らせた結果でも、各地ともに平均的に高い摩擦係数を得られていた。耐摩耗性も従来のものと差は感じられない。目立った事の起らぬうちに改善することができたのは幸いだった。

最近、東北や北海道でスパイクタイヤ問題が世の関心事となり、タイヤと道路管理が議論の焦点となっているが、舗装にもなお工夫の余地があると考えられる。また横断クラックも大きな研究課題である。寒冷地の舗装には、まだまだ解決すべき問題が残っているようである。



フルデプス・アスファルト舗装 設計施工指針(案)について

河野 宏*

はじめに

フルデプス・アスファルト舗装（以下、フルデプス舗装と略記）とは、路床の上のすべての層にアスファルト混合物を用いた舗装のことである。

フルデプス舗装は昭和37年頃に米国でこの形式の舗装を採用し成功したことから、その後米国のみならず欧州でも試験的に採用されるようになり、昭和45年には米国アスファルト協会でその設計法を発表するに至った。一方、わが国では昭和40年代半ばから市街地道路を中心にシックリフト工法によるフルデプス舗装が各地で試験的に実施され、実施例は数十例に及んでいる。

しかし、わが国ではこれらの舗装厚の設計基準が確立されておらず、またシックリフト工法採用上の問題点も十分に検討されないまま、それぞれの機関で実施されていたのが実状であった。

このような状況に対応するため日本アスファルト協会アスファルト舗装技術委員会は、わが国の実施例を踏まえた舗装厚さの設計の基準化とシックリフト工法の標準化を目指した検討作業に取り組み、昭和61年9月“フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針(案)”（以下、本指針(案)と略記）を作成した。

アスファルト舗装要綱（以下、要綱と略記）をはじめとする技術基準類の適用に際しては、字句にとらわれることなく、その意図するところを適確に把握することが重要であり、このことは本指針(案)においても同様である。

したがって、本文では、まず本指針(案)に対するより深い理解が得られることを目的として、本指針(案)の背景となった事項、考え方、技術的根拠などについて解説する。

フルデプス舗装の構造設計法には、本指針(案)による方法、アスファルトイnstiチュート(AI)の1969年版設計マニュアルによる方法(以下、AI旧設計法と略記)および1981年版による方法(以下、AI新設計法と略記)ならびにシェル石油の設計マニュアルによる方法(以下、シェル設計法と略記)がある。これらの設計法は、路床支持力の評価法、交通量のとり方、材料規格が異なり厳密な舗装厚の比較はできないが、第2部では本指針(案)に示す路床条件、交通条件、材料条件を他の設計法に適用した場合の舗装厚を比較し、本指針(案)の設計法の大略の位置付けを紹介する。

第1部「フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針(案)」の解説

1. 本指針(案)の特徴

本指針(案)作成上の基本的な姿勢は、現行の要綱類との整合性を確保しつつまとめたことである。すなわち、フルデプス舗装の設計施工において要綱に準拠し得る事項は要綱の規定によるものとし、要綱に準拠するのが困難な事項についてもこれまでの施工実績と研究成果にもとづいた検討を行った上で、できる限り整合性を侵さぬように配慮してとりまとめている。

本指針(案)の特徴は、

- ① 舗装厚の設計に関しては、舗装厚は要綱のT₁規定を満足するように決定し、路床土の設計 CBR が2以

上5未満の場合は路床の一部として路盤の施工性確保のために路盤の施工基盤を設けるようにしたこと。

- ② 材料に関しては、バインダーにセミブローンアスファルト AC-100 を、骨材に製鋼スラグの利用を新たにとりあげたこと。
- ③ 施工に関しては、シックリフト工法の標準を示したこと。

である。

2. フルデプス舗装の定義

本指針(案)では最初にフルデプス舗装の定義を示し

* こうの ひろし (社)日本アスファルト協会アスファルト舗装技術委員会フルデプス分科会長

ている。これは、わが国の実施例を調査すると、フルデブス舗装の解釈がまちまちな面がみられ、まずフルデブス舗装の定義をはっきりさせておくことが望ましいと考えたからである。

本指針(案)では、路床の上のすべての層にアスファルト混合物を用いた舗装のことをフルデブス舗装としている。

3. 適用範囲

本指針(案)の1-2にはフルデブス舗装の適用範囲が示されている。

実施例では、図-1に示すように主に舗装厚を薄くできること、シックリフト工法を併用することにより工期を短縮できることからこの舗装が採用されている。

本指針(案)におけるフルデブス舗装の適用面からみた位置づけは、この舗装の適用を比較的に限定し、要綱による粒状材料を路盤に用いた通常のアスファルト舗装が困難と考えられる場合に適用していくというものである。

したがって、この舗装は、新設の場合よりはむしろ、維持修繕工事において多く採用されることとなろう。

具体的には、

- ① 路面高さの制約をうけ、通常のアスファルト舗装では目標とする合計厚の確保が困難となる場合、
 - ② 地下埋設物の埋設位置が浅く、舗装施工時における地下埋設物の保全面で有利となる場合、
 - ③ 通常のアスファルト舗装では舗装厚が厚くなり、地下埋設物の移設が必要となり経済性の面で著しく有利となる場合、
 - ④ 工事期間の短縮が強く要望される場合、
- などに、採用することが考えられる。

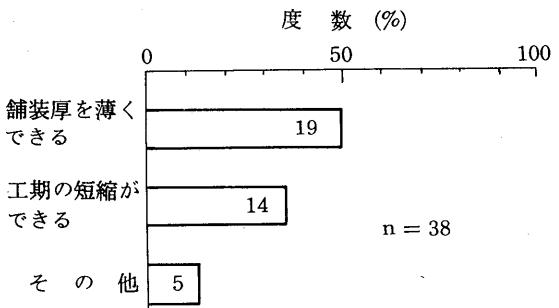


図-1 フルデブス舗装の採択理由（実施例より）

4. 構造の設計

4-1 舗装の構造

本指針(案)の2-1にはフルデブス舗装の構造が示されている。

舗装の構造は図-2に示すように表層、基層、路盤より構成されており、舗装の構成も各層の役割も通常のアスファルト舗装と特に変わるものではない。フルデブス舗装の特徴はアスファルト混合物を路盤全層に使用することである。

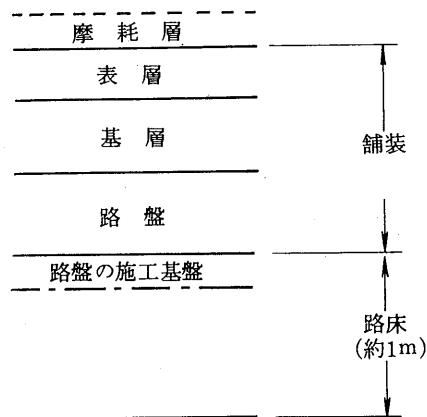


図-2 フルデブス舗装の構成と各層の名称

4-2 設計の方法

本指針(案)の2-2にはフルデブス舗装厚の設計方法が示されている。

本指針(案)の設計方法の骨子は、

① 舗装厚は要綱のT_A規定を満足するように決定する。

② 路床土の設計 CBR が 2 以上 5 未満のときには路床の一部として路盤の施工基盤（図-2 参照）を設け、その標準的な厚さは設計 CBR が 2 の場合は 30cm、設計 CBR が 3 または 4 の場合は 15cm とする。

というものである。上記事項以外の厚さ設計に関連する交通量の区分、設計 CBR、等値換算係数、凍結深さなどについては要綱と同じである。

上記①、②は本設計方法を設定するに当たって最も討議を重ねてきた 2 つの項目、すなわち、①要綱に示されている目標とする舗装合計厚 (H) の取扱いをどうするか、②フルデブス舗装を適用する路床土の設計 CBR の範囲をどうするか、に対する検討成果によっている。

わが国の設計 CBR の分布状況を示したもののが図-3 である。設計 CBR は比較的小さなものが多く、フルデブス舗装の実施例は設計 CBR が 4 以下のものがほとんどであ

る。これはフルデブス舗装の場合舗装厚を薄くできるという特徴に起因するものである。設計 CBR に注目すると、フルデブス舗装の適用が特に望まれるのは表-1 に示すように通常の舗装厚とフルデブス舗装厚の差が大きくなる場合、すなわち、設計 CBR が 2, 3 および 4 のときである。

要綱においては「市街地などの舗装で目標とする合計厚を確保するのが困難で、路床の CBR が 5 程度以上の場合は、目標とする T_A をすべて加熱アスファルト混合物で構成する舗装を採用することがある」とされており、路盤の施工性が確保されている路床の場合には、 T_A で厚さの設計を行うことがあるとされている。

表-2 は設計 CBR の取扱いを整理したものである。フルデブス舗装の厚さ設計に関する検討課題は、①設計 CBR が 2 以上のときまで適用する場合において厚さは要綱の T_A 規定のみを満足する方法で決定してよいかと②路盤の施工性確保のための対処策は十分かの 2 点に帰着する。課題①について：

通常のアスファルト舗装に対する要綱の H の規定は、CBR 設計法にもとづくものであり、舗装厚をあまり薄くすると舗装が交通荷重を分散しきれずに路床に過大な負担のかかるることを懸念して設けられたものと考えられる。一方、フルデブス舗装のようにアスファルト混合物を路盤に用いた舗装は粒状材料を路盤に用いた通常のアスファルト舗装よりも荷重分散効果が大きく、したがって、より薄い舗装厚で同等の分散がはかれることが一般に知られている。またフルデブス舗装の実施例によると、厚さは要綱の $0.8H$ を満足しない場合が多い(ただし、目標とする T_A はいずれの場合も満足している)。これらのうち長期間にわたって観測されているものについては、いずれも通常のアスファルト舗装と同程度の供用性を保持することが認められている。

このようなことから本指針(案)では H の規定を除外し、 T_A 規定のみにより厚さの決定を行う方法を採用した。

課題②について：

路盤の施工性確保のための対処策としては、実施例等を踏まえ、路床の一部として路盤の施工基盤を設ける方法を採用した。路盤の施工基盤はいわゆるワーキングプラットフォームのことであり、施工機械の作業性確保と歴青安定処理混合物の良好な締固めを得るために設けるものである。材料としてはクラッシャラン、切込砂利、川砂などを用いる。路盤の施工基盤の標準的な厚さは、図-4 に示す施工実績を踏まえ、機械施工を前提とし、

設計上安全側となるように配慮して定めている。

5. 材料

本指針(案)の 3 には材料について示されている。

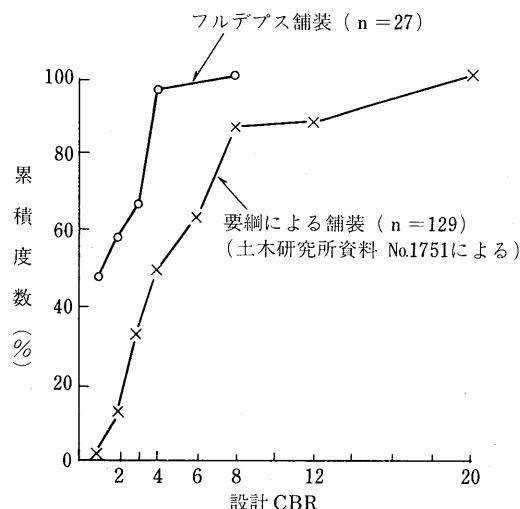


図-3 設計 CBR の分布状況

表-1 要綱の目標とする合計厚とフルデブス舗装厚の比較

設計 CBR	2	3	4	6	8	12	20以上
L 交通	■	▨	▨	▨	▨	-	-
A 交通	▨	▨	▨	▨	▨	-	-
B 交通	■	▨	▨	▨	▨	-	-
C 交通	■	▨	▨	▨	▨	-	-
D 交通	■	▨	▨	▨	▨	-	-

H : 要綱の目標とする合計厚
 H_f : フルデブス舗装厚

表-2 設計 CBR の取扱い

項 目	設 計 C B R						
	2	3	4	6	8	12	20
フルデブス舗装の適用性	有効である	↔	↔				
	やや有効である			↔	↔		
	あまり有効でない					↔	↔
路盤の施工性が確保されている				↔	↔		
路盤の施工性確保のための対処策が必要である	↔	↔	↔				
本指針(案)の適用範囲	↔	↔	↔				

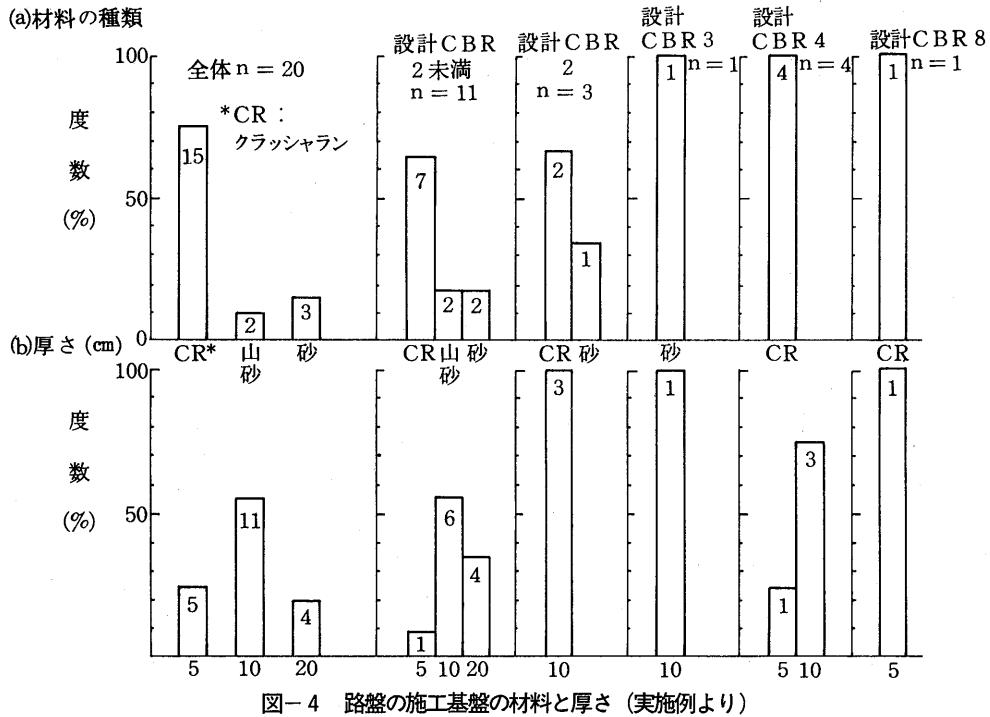


図-4 路盤の施工基盤の材料と厚さ（実施例より）

材料に関しては、要綱に示されている材料の他に、最近の研究成果を反映してパインダーにセミブローンアスファルト AC-100 を、アスファルト混合物用スラグに製鋼スラグをそれぞれ加えた。

6. 路盤の施工

本指針（案）の4-3には路盤の施工について示されている。

路盤の施工法としては、一層を10cm以内の仕上り厚で施工し層を積み上げていく工法（以下、一般工法と略記）と一層を10cm以上30cm以内の仕上り厚で施工するシックリフト工法の2工法がある。本指針（案）では一般工法は要綱の歴青安定処理工法に準拠することとし、シックリフト工法の標準を示している。

シックリフト工法は、要綱では一層仕上り厚を10cm以上の厚さで行う工法、道路維持修繕要綱では15~20cmの厚さに敷きならし転圧締固める工法とそれぞれ定義しているが、本指針（案）では施工実績よりみて一層の仕上り厚が10~30cmの場合が多いことおよび施工管理の面などを考慮して前述のように定義している。

シックリフト工法の敷きならしにはアスファルトフィニッシャ、ブルドーザ、モータグレーダが一般に用いられる。ブルドーザなどアスファルトフィニッシャ以外の機械による敷きならしにおける注意事項として材料分離

や密度の不均一を防ぐための方法、仕上げ面の平坦性確保のための方法などについて記している。

締固めにはマカダムローラ、タイヤローラなど要綱に示されている機械を用いる。シックリフト工法では敷きならし厚が大きくなるので、この点も配慮した転圧方法についても述べている。

またシックリフト工法では仕上り厚が厚く締固められた混合物の温度低下が遅くなるので交通開放時期については特に注意が必要である。本指針（案）では交通開放時期は路盤の表面温度によって判断する方法を用いており、その温度は交通開放直後のわだち掘れの発生を最小限に抑えるという考え方にもとづき60°C以下としている。

7. 品質管理および検査

本指針（案）の6には品質管理および検査が示されている。

表層、基層および一般工法による路盤の場合は要綱に準拠している。

一方、シックリフト工法による路盤の品質に関する管理とその合格判定値は要綱の歴青安定処理工法のものに準拠し、出来形に関する管理とその合格判定値は要綱の粒度調整工法による上層路盤のものを準用している。これはシックリフト工法による施工法が使用機械などから

粒度調整工法と同様であることによっている。

8. 記録

本指針(案)の7には記録について示されている。
これは本指針(案)を適用したフルデブス舗装の設計、

施工および供用性の記録を日本アスファルト協会に集め、路盤の施工基盤の厚さ、シックリフト工法の出来形管理とその合格判定値など今後の施工実績と供用成績をフォローし、本指針(案)をより合理的なものとしていく際の資料とするためである。

第2部 フルデブス舗装の各種構造設計法と舗装厚

1. 各設計法の概要

フルデブス舗装の各設計法の概要は表-1に示す。

(1) 本指針(案)の設計法

この設計法は設計CBRと交通量の区分により目標とする T_A を下まわらないように舗装厚を決定する。

(2) AI旧設計法¹⁾

この設計法は主にAASHO道路試験の解析にもとづいており、舗装厚は設計期間中の80kN(8.2ton)単軸荷重の日平均通過数と路床土のCBR値、R値、K値のどれか1つの関数として T_A で表されている。この関数関係はノモグラフで示されており、舗装厚を求めることができる。

なお、アスファルトコンクリートベース(路盤に該当する)の等価換算係数は0.77である。

(3) AI新設計法²⁾

この設計法は多層弾性理論を用いた設計法である。舗

装厚は、路床の弾性率と設計期間中の累計80kN(8.2ton)単軸荷重通過数の関係で表されている。この関係は、設計チャートで示されており、舗装厚を求めることができます。

(4) シェル設計法³⁾

この設計法は多層弾性理論を用いた設計法である。舗装厚は、温度の影響を定量化した重みつき年平均気温をパラメータとし、路床の弾性率と設計期間中の累計80kN(8.2ton)単軸荷重通過数を組み合わせた値との関係で示される。この関係は設計チャートで示されており、舗装厚を求めることができます。

2. 比較にあたっての条件

(1) 交通条件

本指針(案)のL,A,B,C,D交通は、5ton輪荷重通過数が3万、15万、100万、700万および3500万回の場合に

表-1 フルデブス舗装の各構造設計法の概要

設計法		本指針(案)	AI旧設計法 ¹⁾ (1969年版設計マニュアル)	AI新設計法 ²⁾ (1981年版設計マニュアル)	シェル設計法 ³⁾
路床 条件	強度試験	CBR試験	CBR試験、スタビロメータ試験、平板載荷試験	CBR試験、くり返し3軸試験、スタビロメータ試験	現位置での動的たわみ試験および振動試験、くり返し3軸試験、CBR試験
	設計への利用	設計CBR	CBR値、R値、K値	弾性率(E _a) $E_a = 100 \text{CBR} (\text{kg/cm}^2)$ $= 100 \text{CBR} (\text{kg/cm}^2)$	弾性率(E _a) $E_a = 10^6 \text{CBR} (\text{N/m}^2)$ $= 100 \text{CBR} (\text{kg/cm}^2)$
交通 条件	換算基準	5ton輪荷重	80KN(8.2ton)単軸荷重	80KN(8.2ton)単軸荷重	80KN(8.2ton)単軸荷重
	伸び率	5年後	設計期間に対応した値	設計期間に対応した値	設計期間に対応した値
	交通量の区分	L, A, B, C, D交通	設計日交通量(設計期間中の80KN単軸荷重の日平均通過数)	設計期間中の80KN単軸荷重通過数	設計期間中の80KN単軸荷重通過数
厚決 き定 の 計算方法	設計基準	T_A	設計期間に対応した T_A	設計期間に対応した舗装厚	設計期間に対応した舗装厚
	計算方法	表	ノモグラフ	図	図

相当する（要綱付録5「アスファルト舗装の設計」参考照）。これらの5ton輪荷重通過数を他の設計法で用いる設計交通量に換算して整理したものが表-2である。

- (2) 路床条件
路床条件は表-3に示す。
(3) 材料条件

表-2 設計交通条件

設計法	本指針（案）	AI旧設計法 ¹⁾ (1969年版設計マニュアル)	AI新設計法 ²⁾ (1981年版設計マニュアル)	シェル設計法 ³⁾										
設計交通条件	交通量の区分 L交通	設計日交通量 11	80KN 単軸荷重通過数 6.5×10^4	80KN 単軸荷重通過数 6.1×10^4										
	A交通	54	〃 32.7×10^4	〃 30.5×10^4										
	B交通	358	〃 218×10^4	〃 203×10^4										
	C交通	2,502	〃 $1,526 \times 10^4$	〃 $1,421 \times 10^4$										
	D交通	12,508	〃 $7,630 \times 10^4$	〃 $7,105 \times 10^4$										
備考	<ul style="list-style-type: none"> 5ton 輪荷重は10ton 単軸荷重である。 L, A, B, C, D交通の10ton 単軸荷重通過数は次のとおりである。 交通量 10ton 単軸荷重の区分 通過数 (N_1) <table> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>3×10^4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>15×10^4</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>100×10^4</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>700×10^4</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>$3,500 \times 10^4$</td> </tr> </tbody> </table>	L	3×10^4	A	15×10^4	B	100×10^4	C	700×10^4	D	$3,500 \times 10^4$	<ul style="list-style-type: none"> 設計期間は10年とする。 交通量は直線的に増加し、5年後の伸び率を1.8とする。 10ton (98KN) 単軸荷重の80KN 単軸荷重への換算係数は3.0である。 $30 \times N_1 = (365 \times 10)$ $\times \frac{1}{2} (DTN + 3.6DTN)$ $DTN = (3.0 \times N_1)$ $\times \frac{2}{(365 \times 10 \times 4.6)}$ DTN : 設計日交通量 N_1 : 各交通量の区分に対応した10ton 単軸荷重通過数 	<ul style="list-style-type: none"> 10ton (98KN) 単軸荷重の80KN 単軸荷重への換算係数は2.18である。 $N_2 = 2.18 \times N_1$ N_2 : 80KN 単軸荷重通過数 	<ul style="list-style-type: none"> 10ton (98KN) 単軸荷重の80KN 単軸荷重への換算係数は2.03である。 $n = (2.2 \times 10^{-8}) \times L^4$ n : 換算係数 L : 任意の単軸荷重 $n = (2.2 \times 10^{-8}) \times (98)^4$ $= 2.03$ $N_3 = 2.03 \times N_1$ N_3 : 80KN 単軸荷重通過数
L	3×10^4													
A	15×10^4													
B	100×10^4													
C	700×10^4													
D	$3,500 \times 10^4$													

表-3 路床の支持力条件

設計法	本指針（案）	AI旧設計法 ¹⁾ (1969年版設計マニュアル)	AI新設計法 ²⁾ (1981年版設計マニュアル)	シェル設計法 ³⁾
路床の支持力条件	設計CBR 2 (%)	C B R 2 (%)	弹性率* 200 (kg/cm ²)	弹性率** 2×10^7 (N/m ²)
	3	3	300	3×10^7
	4	4	400	4×10^7
	6	6	600	6×10^7
	8	8	800	8×10^7

* 弹性率 (kg/cm²) = 100CBR

** 弹性率 (N/m²) = 10⁷CBR

材料条件は、本指針（案）に示されている歴青安定処理混合物および表層・基層用アスファルト混合物が他の設計法における材料条件に相当していると仮定する。

(4) 温度条件

AI新設計法とシェル設計法は、多層弾性理論を用いた設計法であり、温度条件の設定が必要となる。

- ① AI新設計法では温度条件として年平均気温を用いる。ここではわが国の交通の大動脈である東京か広島までの9地点の年平均気温（昭和58年版理科年表による）を用いる。
- ② シェル設計法では、温度条件として温度の影響を

定量化したパラメータである重みつき年平均気温を用いる。ここに重みつき年平均気温とは、毎月の温度変化が舗装厚の設計に及ぼす影響を考慮した上での気温の代表値である。ここでは、上記①に示す9地点の重みつき年平均気温の平均を用いる。

3. 各設計法によるフルデプス舗装厚の比較

各設計法によるフルデプス舗装厚は図-1に示す。

(1) 本指針（案）とAI旧設計法の比較

本指針（案）は、AI旧設計法よりも薄い舗装厚となるが、設計CBR～舗装厚曲線の勾配がAI旧設計法よりも

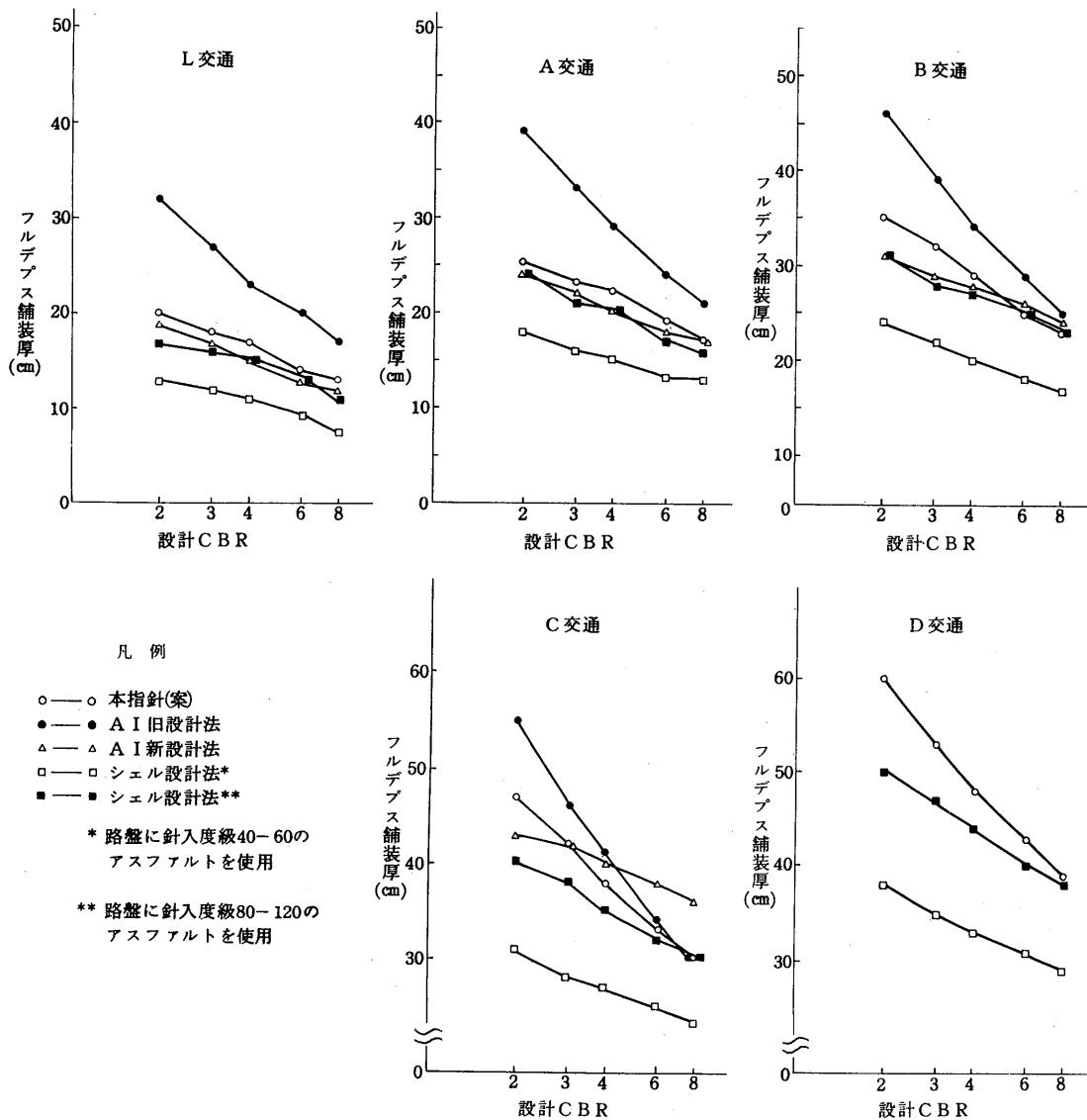


図-1 フルデプス舗装厚の比較

緩やかなため、設計 CBR の大きなものに対しては両者の舗装厚の差は減少する。

(2) 本指針(案)とAI新設計法の比較

本指針(案)はL,A交通の場合には、設計 CBR～舗装厚曲線の勾配がほぼ同じであり、いずれの設計 CBRにおいても AI 新設計法より 1～2 cm 程度厚い舗装厚となる。B,C 交通では、本指針(案)は曲線の勾配が AI 新設計法よりも急となるため、設計 CBR の小さなものに対しては厚い舗装厚となり、設計 CBR の大きなものに対しては薄い舗装厚となる。

(3) 本指針(案)とシェル設計法の比較

針入度級 40～60 のアスファルトを用いた歴青安定処理混合物の場合には、本指針(案)は、いずれの交通量の区分、設計 CBR においてもシェル設計法よりもかなり厚い舗装厚となる。両者の舗装厚の差は、交通量の大きなものおよび設計 CBR の小さなものに対して大となる。

針入度級 80～120 のアスファルトを使用した場合には、本指針(案)は、L,A 交通では、曲線の勾配がほぼ同じであり、いずれの設計 CBR においてもシェル設計法よりも 1～3 cm 程度厚い舗装厚となる。B 交通以上では、本指針(案)は、曲線の勾配がシェル設計法よりも急なため、設計 CBR の小さなものに対しては厚い舗装厚となる。

(4) まとめ

シェル設計法(針入度級 40～60 のアスファルトを使用)は、いずれの交通量の区分、設計 CBR においても、比較した設計法の中では最も薄い舗装厚となる。

L,A 交通の場合には、AI 旧設計法は最も厚い舗装厚となり、本指針(案)は AI 新設計法およびシェル設計法(針入度級 80～120 のアスファルトを使用)より 1～3 cm 程度厚い舗装厚となる。

B 交通の場合には、本指針(案)は AI 旧設計法よりも薄い舗装厚となるが、AI 新設計法に対しては設計 CBR によって薄い舗装厚になったり、厚い舗装厚になったりする。

また、シェル設計法(針入度級 80～120 のアスファルトを使用)に対しては、設計 CBR の小さな場合に厚くなる。

C 交通の場合、本指針(案)の舗装厚は、設計 CBR によって、AI 新設計法よりも薄くなる場合と厚くなる場合がある。

また、本指針(案)はシェル設計法(針入度級 80～120 のアスファルトを使用)に対して、C,D 交通の場合には、B 交通の場合と同様な傾向がみられる。

以上のことから、本指針(案)の舗装厚は、比較した設計法の中では中間位よりやや厚めであるといえる。

なお、AI 新設計法とシェル設計法は多層弾性理論による設計法であり、ここで用いた温度条件より高温側では舗装厚は図-1 に示したものより厚くなり、低温側では逆に薄くなる。

おわりに

以上、フルデプス舗装の設計、施工の標準を示した本指針(案)について述べるとともにこの設計法と他の設計法との比較を紹介した。多田宏行アスファルト舗装技術委員会委員長のまえがきにもあるように今後ますます多量に発生することが予想されるアスファルト舗装廃材の利用方法の一つとして、フルデプス舗装の路盤へ再生加熱アスファルト混合物を利用することが考えられ、省資源の観点から今後普及する可能性も大きいことを付言する。

おわりに、長年にわたり本指針(案)の作成作業に従事して頂いた関係者諸氏の御尽力に深く感謝の意を表するものである。

—参考文献—

- 1) フルデプス舗装の厚み設計—道路と市街地のためのフルデプス・アスファルト舗装、日本アスファルト協会(1973.5)
- 2) Thickness Design—Asphalt Pavements for Highways and Streets, The Asphalt Institute, Asphalt Institute Manual Series No.1. (1981 年)
- 3) Shell Pavement Design Manual—Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic, Shell International Petroleum Company Limited, (1978 年)

「第2回・舗装の支持力に関する国際会議」

“2nd International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields”

発表論文の概要

1986年9月16日～18日、イギリスのプリマス工科大学で開催された標記の国際会議は、20ヵ国以上（約300人）の参加を得て盛会のうちに終了した。発表論文数は60編と少ないが、これは審査を行ってこの数に絞ったためである。日本からは2編採用され、港湾技研の佐藤氏と筆者が発表したが、我々を含めて日本からの参加者4名というは寂しいかぎりであった。

今回のテーマは、舗装管理システムを念頭において「費用効果」ということであったが、イギリス、アメリカをはじめ、いずれの国においてもまだ研究中と結論していると思う。と言ってもシステムに関しては日本より数歩先を行っていることは否定できないが……。

日本の舗装技術に対しては、各国とも非常に興味を持っているようである。会議中、フロアでよく英文で書いた資料が欲しいと言われた。「英文アスファルト舗装要綱」を持っていったら100冊ぐらいは売れたのではないか。筆者がアスファルト舗装関係の研究に携わるようになってからほぼ20年になるが、この間、海外文献に対する依存度は急速に減少してきたようと思う。今回の論文発表を聞きながら、日本の舗装技術が世界のトップレベルに達していることをあらためて感じた。今後は、先進諸国の技術者と対等の立場で、あるいはテーマによっては優位の立場で議論する必要があることを認識しておく必要があろう。

〔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
阿 部 忠 行 東京都土木技術研究所
荒 井 孝 雄 日本舗道技術研究所
安 崎 裕 建設省土木研究所舗装研究室
飯 田 章 夫 日本道路公団審議室
池 田 拓哉 建設省土木研究所舗装研究室
井 上 武 美 日本舗道技術研究所
井 上 正 日瀬化学工業業務第一部
蛯 原 巍 日本大学理工学部土木工学科
大久保 高 秀 建設省都市局街路課
太 田 健 二 日瀬化学工業技術課
大 塙 義 治 日瀬化学工業関東営業所
小 澤 孝 吉 東京都土木技術研究所
亀 田 昭 一 新東京国際空港公団
久 下 晴 巳 日本道路技術研究所
古 財 武 久 大成道路技術研究所
小 坂 寛 巳 首都高速道路公団工務部

児 玉 充 生 昭和シェル石油(株)アスファルト課
佐 藤 喜 久 鹿島道路(株)東京支店技術部
田 井 文 夫 日本道路技術研究所
滝 瀬 穂 東京都第四建設事務所
竹 田 敏 憲 東京都第二建設事務所
田 中 輝 栄 東京都土木技術研究所
谷 口 豊 明 大林道路技術研究所
丹 治 和 裕 (株)パスコ道路調査部
中 村 州 章 日本道路公団試験所舗装試験室
西 沢 典 夫 大成道路(株)関東試験所
野々田 充 日本道路(株)
野 村 健一郎 大成道路技術研究所
野 村 敏 明 日瀬化学工業北海道営業所
八 谷 好 高 運輸省港湾技術研究所滑走路研究室
羽 山 高 義 日本舗道工事開発部
姫 之 賢 治 東京工業大学工学部土木工学科
吉 村 啓 之 前田道路技術研究所

Session I. Pavement Design 補装設計

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

- ①. N.W.Lister; "Developments in the Design of Flexible Roads in the United Kingdom", p.1~13.
②. イギリスにおけるたわみ性舗装の設計法の発展・イギリス (吉村啓之)
③. 本論文は現行の設計法に基づく舗装の供用性データ, 理論的解析方法を取り入れた新設計法の内容, 経緯について説明したものである。
④. 新設計法は確率を考慮した破壊基準を設定するために, 舗装を多層弾性構造として取り扱う。供用性の指標としてのたわみ, クラック, わだち掘れと舗装寿命の関係を解析して, 現行の設計曲線の評価を行う。
⑤. 下層路盤の舗装厚は弾性理論と調査結果が一致した。上層路盤はデンス・アスファルト・マカダムとロールド・アスファルトの設計曲線を解析し, 舗装破壊時の交通量と舗装厚の回帰式は室内的疲労試験結果の計算式と近似しているが, 変動が大きいため確率を考慮する必要があることがわかった。標準設計厚は路床CBR, 交通量に対し残存確率85%, 50%の設計曲線から求まる。表層の舗装厚はデンス・アスファルト・マカダム路盤下面の引張ひずみと路面上面の圧縮ひずみを設計基準とした残存確率85%, 50%の設計曲線から決定される。ウェット・ミックス上層路盤は非線形弾性挙動を示すため理論的設計法の適用が困難であるが, 条件付きで上記のひずみの基準に適合することがわかった。さらに, 超重交通道路の舗装構成, アスコン層の置き換え, アスコン路盤の改良について言及し, 路床の改良, 施工技術の向上をはかることによって供用性の変動が減少し, 舗装寿命を延ばせると述べている。

- ①. Lin Xiu-Xian and Xu Zhi-Hong; "New Developments in Structural Design of Flexible Pavements", p.15~25.
②. たわみ性舗装の構造設計の開発・中国 (吉村啓之)
③. 本論文は多層弾性理論を取り入れた中国の新設計法を説明したものである。
④. 舗装構造は表層, 路盤, 路床からなる線形弾性体の三層系である。設計基準は(1). 表層でのたわみ(舗装構造の強度不足による沈下, クラック), (2). アスコン層下面の水平引張応力(アスコン層の疲労), (3). アスコン層上面のせん断応力(アスコン層のわだち)とし, 破壊基準は試験舗装, 既設舗装の現場試験から得られた供用性データを基にした回帰式によって決定する。
⑤. 三層系で設計できるように, 四層系以上の多層系を変換するための計算式が提案され, 応力・ひずみ・たわみを計算するためのコンピュータ・プログラムが開発され, 設計用のノモグラフが作成された。

- ①. J.Litzka and G.Herbst; "A New Specification for the Structural Design of Pavements in Austria", p.27~37.
②. オーストリアにおける構造設計の新しい仕様について・オーストリア (吉村啓之)
③. 本論文は1985年に改訂されたオーストリアにおける舗装構造の設計法の内容を紹介したものである。
④. 舗装厚は平板載荷試験によって算出した路床の最小支持力(変形係数が35MN/m²)に基づき, たわみ性・半剛性(合成)舗装では多層弾性理論を用いて決定し, 剛性舗装ではウエストガードの式を採用したEisenmannの方法で決定した。たわみ性・半剛性舗装の路面上面の圧縮応力の許容値はHeukelom and Klompの式を用い, アスコン層下面の引張応力の許容値はPellの式を用いて求めた。
⑤. 設計交通量, 路盤材料の種類を基にした標準設計表が完備された。設計交通量は年平均日交通量によって5等級に分類され, 路盤材料の種類によってたわみ性・半剛性舗装では3タイプに, 剛性舗装では2タイプに分けられている。また, コンクリート床版上の橋面舗装(アスコン), トンネル内舗装(コンクリート)の舗装構成についても言及している。

- ①. Lehtonen, K.; "New Standards for Pavement Design in Finland", pp.39~48.
- ②. フィンランドにおける舗装設計の新しい考え方・フィンランド (姫野賢治)
- ③. フィンランドでは道路の路床は非常に凍土を受け易い状態にあり、支持力が低下して春季には舗装表面にクラックや盛り上がりが発生しやすく、荷重が直接の原因となる場合よりもはるかに多い補修費を必要とする。このため、凍土による路床強度の低下やその抑制対策などを考慮に入れた新しい舗装設計方法を確立する。
- ④. 凍土による路床強度の低下はたわみ量から推定された弾性係数により評価し、PSIが一定値以上になるように制限される。凍土による盛り上がりやクラックの発生は、地下水位の高低と路床の均質度を考慮に入れて解析され、舗装表面の平坦性を保つように抑制される。路肩に積もった雪が断熱材の働きをするため、車線の中央部の凍土が大きく、縦ひび割れを起こすケースが多い。舗装厚は表から選んでもよいし、Odemarkの公式を用いてもよい。材料も自由に使用してよいが、路床強度の低下、平坦性の喪失という2点を考慮に入れた設計値の内、大きな値を採用する。
- ⑤. 凍土を考慮に入れた新しい設計方法を確立することができた。この設計方法に従った場合、現行の設計方法に従った場合よりも平均で15cm程度舗装厚が増加する結果となつたが、現行の基準に従って設計した道路のかなり箇所で補修が必要となっているため、この様なコスト増も受け入れられるであろう。

- ①. Dhir, M.P., Phull, Y.R. and Sood, V.K.; "Pavement Design Maintenance—Current Indian Practice and Trends", pp.49~60.
- ②. 舗装の設計と維持管理—現行のインドでの方法と趨勢・インド (姫野賢治)
- ③. インドにおける現行の舗装設計方法、維持管理方法を紹介し、今後の展望を概観する。
- ④. インドの現在の道路延長は170万kmで、今世紀末までに約2倍になると予測されているが、それにともなって維持修繕の必要性や車両の大型化が指摘されている。このような観点から、アスファルト舗装、コンクリート舗装に分けてインドの舗装の設計方法についての考え方を述べられている。
- ⑤. アスファルト舗装については、設計はCBR法に基づいた設計曲線を用いて行われていること、設計寿命は10年であること、基準軸重は8.16トンであることが、また、コンクリート舗装については、荷重と温度応力を考慮に入れてWestergaardの公式によって設計が行われていることなどが説明されている。また、サービス指数はインド独自のPSIによって定義されること、補修はトータルコストが最小になるように行われていることなどが記されており、ジオテキスタイルや半剛性舗装の出現により、将来は現行の設計方法を改良する必要があるとしている。

- ①. Mayhew, H.C. and Potter, J.F.; "Structural Design and Performance of Lean Concrete Roads", pp.61~70.
- ②. リーン・コンクリートを上層路盤とする舗装の構造設計と供用性・イギリス (姫野賢治)
- ③. イギリスでは、リーン・コンクリートを上層路盤とする舗装が非常に多いが、車輪の走行位置に縦ひびわれが発生し、他の大きな破損の引金となることがしばしばあるので、縦ひびわれを起さないような合理的な設計基準を確立する。
- ④. 90箇所に及ぶ試験舗装を施工し、毎年、わだち掘れ、ひびわれ、たわみ量を測定して、これらの相関や交通量との対応を調べた。
- ⑤. 調査の結果、温度応力による横ひびわれは他の破損との相関が弱いこと、路盤厚が15cm以下になると縦ひびわれが顕著に現れやすいこと、縦ひびわれの発生を制限すれば他の破損の発生もある程度防止することができるなどがわかった。また、回帰分析の結果、交通量が小さく補修が行いやすい道路、交通量が大きく補修を行うことが大きな損失となる道路のそれぞれについて、合理的な設計曲線を得ることができた。

- ①. I.Gschwendt, J.Nebesky, V.Rikovsky; "Strain of Flexible Pavement", pp.71~79.
- ②. たわみ性舗装の歪・チェコスロバキア (姥原 嶽)
- ③. 多層弹性論による歪の計算値と実測値を比較検討する。
- ④. 8タイプの舗装構造を持つ円形状テストコースで、移動輪荷重の速度、温度状態を変化させ歪を測定する。一

方、歪計算は、荷重形状、気候（温度状態）の影響を考慮しながらプログラム LAYMED を用いて行う。

- ⑤. 歪計算において、2つの円形等分布荷重を1つの円形等分布荷重に換算し計算をすると応力、歪に大きな違いが見られる。荷重特性を十分に見極める必要があることがわかった。また、1年の温度周期を3つ（冬、春秋、夏）に区分し、その代表値を用いて計算を行うと舗装に発生する応力、歪に大きな違いが見られた。一般に入力データの影響は応力より歪の方に大きく見られた。

一方、移動輪荷重の速度を変えてみると、アスファルト混合物が粘弾性特性を示していることがわかった。応力、歪の実測値は、車輌速度や温度状態でかなり変化することがわかった。

- ①. J.Knapton, Nigel Nixon & Partners; "The Structural Design & Performance of Concrete Block Roads", pp.81~90.
- ②. コンクリートブロック舗装の構造設計と供用性・イギリス (姥原 巍)
- ③. イギリスにおける軽交通路、重交通路の設計法とオーバーレイ設計手順を記述し、コンクリートブロック舗装の現状を示す。
- ④⑤. 軽交通路では、コンクリートブロックとアスファルト層は同価値であるのでアスファルト舗装の設計技術を用いている。設計は5段階のCBR値と3つに分類された標準軸重換算数から路盤厚を決定する。
重交通路では、イギリス港湾局（BRA）の設計マニュアルを使用している。路盤下面の引張歪と路床上面の圧縮歪で設計厚を決定する。
オーバーレイは、現在の状態から $12\text{N}/\text{mm}^2$ リーンコンクリート換算厚を求め、ひびわれ度係数、わだち掘れ度係数を乗じて現在の耐力を評価し、BPA設計チャートから導いた $12\text{N}/\text{mm}^2$ リーンコンクリート厚との差を持ってしてオーバーレイ厚とする。
コンクリートブロック舗装は、低コストで済むため、近年ではイギリスにおいて広いシェアを持つようになった。

- ①. V.P.Servas, M.A.Ferreira, P.C.curtayne, A.W.Viljoen; "The Effect of The Proportion of Reclaimed Asphalt of Aspects of The Quality of Recycled Mixes", PP.91~104.
- ②. 再生アスの比率がリサイクル混合物の品質におよぼす影響・南アフリカ共和国 (井上 正)
- ③. 再生材の混合比が変わることによってリサイクル混合物の品質がどのように影響されるかについて検討する。
- ④. 再生材と新規材の混合比を変えたそれぞれのリサイクル混合物（ギャップ粒度も含む）およびバインダーの物性試験を行う。さらにこれらと同じ仕様書にて製造された通常の混合物と比較する。
- ⑤. 再生材の混合比を大きくしても（最大 100%）、空げき、安定度、フロー、安定度／フローの特性は、通常の混合物と変わらない。リサイクル混合物のクリープモジュラスは、再生材の混合比が多くなれば小さくなる傾向にあるが、永久変形に対する抵抗性は十分ある。スティフェネス、安定度は、配合比が多くなれば大きくなる傾向にあるが、疲労寿命に影響はない。室内試験のデータに限定されているが、次のことに注意すれば高い品質でリサイクル混合物を得ることができる。a)仕様書 b)配合設計 c)加熱・混合の条件

- ①. M.D.Foulkes, C.K.Kennedy; "The Limitation of Reflection Cracking in Flexible Pavement Containing Cement Bound Layers", pp.105~115.
- ②. セメント処理層を持つたわみ性舗装のリフレクションクラックの制御・イギリス (姥原 巍)
- ③. リフレクションクラックの原因を、路盤の温度変化によるものとしてその防止法を検討する。
- ④. 有限要素法によるクラック伝播の計算、および室内疲労試験の結果からリフレクションクラックの発生機構をモデル化し、ジオテキスタイルの使用効果を論じている。
- ⑤. リフレクションクラックの発生は、空隙率、骨材粒度、バインダーのスティフェネスに大きく影響される。なお、ジオテキスタイル等の使用は、クラック伝播を軽減する。

Session II. Rigid Pavement and Airfield 剛性舗装と空港舗装

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

- ①. R.P.Humer, R.C.Koole, G.R.Bosch; "Airport Pavement Evaluation and Overlay Design, by means of Falling Weight Deflection Measurements and the BISAR computer program. A case description and verification of the analytical design method." pp.117~128.
- ②. FWD(落下重錘式たわみ測定法)とBISARを用いた空港舗装の評価とオーバーレイ設計——解析的設計法の事例紹介と検証・オランダ (飯田章夫)
- ③. Maastricht国際空港の舗装改築計画において、FWDの測定結果を用いBISARによってオーバーレイの設計を行った。工事完了後に再びFWDの測定を行って設計法を検証した。
- ④. 全延長2.5kmの滑走路を4工区にわけてFWDの測定を行い、15パーセンタイル値および85パーセンタイル値によって各工区の代表値とした。舗装(アスファルト表層+粒状路盤+路床)の厚さを与えてBISARにより各層の弾性係数Eを計算した。代表的な11種の航空機の荷重に対してBISARにより応力と歪を算出し、疲労抵抗を計算できるようにした。オーバーレイ厚は15年後に疲労抵抗が1に至るとして求めた。
- ⑤. 最初の測定で路盤のEが異常に低い値となったので現地調査を行い、路盤の排水不良が原因と判明した。路盤は建設後次第に悪化したものと考え、計算ではEを3段階で与え、工事では地下排水系統を改良した。計算では3区間が既に寿命に達していたが、オーバーレイ後のFWDの測定値を用いた疲労抵抗計算値は非常に小さかった。これは路床路盤の排水系統の改良によるものと考えられ、オーバーレイの設計において改良後の路床路盤のEをどう設定するかが課題である。

- ①. E.Otte, J.M.Clifford; "The Structural Design of an Airport Pavement" pp.129~136.

②. 空港舗装の構造設計・南アフリカ (飯田章夫)

- ③. Jan Smuts国際空港の拡張計画にあたりボーイング747の50万回の荷重に耐える舗装構造をFEMとHVS(重車両シミュレータ)*を用いて決定した経緯を述べたものである。

(*訳注 HVSについては5th Int. Conf. on Str. Design of As. Pav., Delft, 1982に説明されているはず)
であるが、詳細は不明。

- ④. 舗装構造は材料の制約と道路舗装の経験から、荷重支持層として働く厚いセメント安定処理層の上に碎石路盤と薄いアスファルト表層を置く工法(逆転工法)を採用することとした。表層と路盤の構造は、セメント安定処理下層路盤のリフレクションクラックを緩和することを目的として厚さを各10cmとし、FEMを用いて安全率を求めて確認した。一方HVSを用いてボーイング747の荷重を10万回載荷することにより、表層のわだち掘れを検討した。下層路盤は疲労破壊によるクラックが入った後は粒状材料として働くことを許容し、路床の変形は許さないとしてFEMにより解析した。
- ⑤. 表層はHVSの結果より10cmではわだちが大きくなることが判明し、また経済性を考慮して、施工時に7cmとした。路盤の厚さは力学的には影響が小さいことが判明した。下層路盤の条件を3段階に変化させて解析した結果、下層路盤を75cmとした場合に荷重を2000回載荷したときに疲労破壊することがわかった。しかしその後も粒状材料として働くと考えて解析すると、表層の破壊や路床の変形などは生じないことが明らかとなった。以上より表層7cm、碎石路盤10cm、セメント安定処理下層路盤75cm(30+45)とし路床を一部セレクト材の盛土とした構造を採用し、1981~82年に工事を行い、満足な供用性を示している。

- ①. Claudio Larrain P., Juan Pablo Covarrubias T., Fernando Rodriguez-Roa; "Analysis of Concrete Slab Performance in Pavements Using a Finite Element Model" pp.137~144.

②. FEMを用いたコンクリート舗装版の解析・チリ (飯田章夫)

- ③. 一般に適用されているコンクリート舗装版設計法が仮定している気候条件に比べて、チリの気候は非常に厳しい。温度勾配、含水量勾配、コンクリートの自重、交通荷重などによって生ずる版の変形や応力を評価するため

に、FEMによるモデルをつくり実測値と比較した。あわせて設計パラメータの感度分析を行った。

- ④ FEMは薄板理論に基づいて構成した。基礎はウインクラ・モデルとし、節点にバネが作用するとした。版のそりによってバネに引張り力が働くときは、そのバネは作用しないものとし剛性マトリックスの値を変えた。版は独立した長方形の形状とした。一方、6ヶ月材令の版（幅3.5m、長さ4.45m、厚さ26cmでスリップバーを用いないプレーン・コンクリート版）について垂直変位、温度勾配、応力などの測定を行った。版の表面と底面の含水量の違いによって生じる乾燥収縮の歪は等価な温度勾配（-17.5°C）としてモデルに導入した。
- ⑤ 荷重応力の計算では、版のそりの方向と版長、および貨物車の軸間距離の関係が重要であり、版の両端（横方向縁部）が上向き（温度勾配が負）のときに貨物車の前軸と後軸が両端に載荷されると応力は53kg/cm²と非常に大きいことがわかった。温度応力に関する感度分析をモデルで行うと、実際に起こり得る-27°Cの温度勾配のもとで、版長と版厚が鋭敏に反応することが判明した。

- ① V.Veverka; "Bearing Capacity as a Factor for Design of Cement Concrete Overlays", pp.145 ~153.
- ② コンクリートオーバーレイの設計因子としての荷重支持力・ベルギー (八谷好高)
- ③ アスファルト舗装上のコンクリートオーバーレイ（目地のあるコンクリート版（JC）、連続鉄筋コンクリート版（CRC））の設計法を開発する。
- ④ 既設舗装の評価、荷重・気候・舗装材料の特徴づけ、応力、たわみの解析をすることによってオーバーレイ厚が算定できる。オーバーレイ厚の設計基準は、コンクリートオーバーレイ層下面の曲げ応力と路床たわみである。
- ⑤ 入力変数として、累積商用車数、たわみ、舗装の構造状態ならびに路面状態、路床の弾性係数が採られている。コンクリートオーバーレイ層下面の曲げ応力と路床たわみはWestergaardの縁部載荷公式を修正したもの（既設舗装を半無限の一層系弾性地盤、コンクリートオーバーレイを弾性体の積層構造と考える）によって計算する。このほか、目地のあるコンクリートオーバーレイではBradburyのそり応力係数を導入して計算した温度応力も考える。これらを、交通量の関数である係数を乗じたコンクリートの曲げ強度ならびにたわみと比較することによってオーバーレイ厚を設計する。

- ① K.Sato, Y.Hachiya; "Application of FWD for Structural Evaluation of Concrete Pavement", pp.153 ~163.
- ② コンクリート舗装の構造評価へのFWDの適用性・日本 (八谷好高)
- ③ FWDによるたわみ測定を実施してそれらを解析することによって、コンクリート舗装の構造評価に対するFWDの適用性を調査する。
- ④ 目地の荷重伝達機能の評価、コンクリート版と路盤の間の空隙の推定を目的として試験舗装で測定を行うとともに、クラック部の挙動に注目して供用中の舗装で測定を実施した。それらについてWinkler支承上の平板の有限要素法による理論解析も実施している。
- ⑤ 路盤支持力係数はコンクリート版の中央部での測定データを解析することによって推定できる。また、目地やクラックの荷重伝達機能の定量化も可能である。コンクリート版と路盤の間に空隙のある舗装は最大たわみに注目することによって発見できる。特に目地部の空隙は、それが小さくても可能である。これらに基づいて、コンクリート舗装の構造評価に対するFWDの適用性が確かめられたと結論づけている。

- ① J.A.Crovetti, M.I.Darter; "Detecting Voids under Jointed Concrete Slabs", pp.165 ~173.
- ② 目地のあるコンクリート版の下にある空隙の探査・米国 (八谷好高)
- ③ 非破壊試験機(NDT)を使用して、コンクリート版の隅角部にできる空隙を発見する方法を開発する。
- ④ 有限要素法により、コンクリート版厚、コンクリートの弾性係数、路盤支持力係数、荷重伝達機能、版と路盤の間の空隙等がNDTのたわみに及ぼす影響を詳細に調べる。たわみにはコンクリート版の温度の影響が現れるので、それが50~85°Fのとき（早朝、夕方）に測定している。また、クラックのある場合も考慮されている。
- ⑤ 開発した方法は、空隙の有無を判定するだけのもの、空隙の大きさも推定できるものの2種類である。前者では、コンクリート版の隅角部で荷重を3種類に変えてたわみ測定を行って得られた、荷重と最大たわみの関係から、空隙の有無を判定する。後者では、まず、設計条件が同じ舗装区域内の数多くの隅角部でたわみ測定を実施

し、目地の荷重伝達率と最大たわみの関係を得る。そして、あらかじめ計算しておいた、任意の空隙の大きさごとの荷重伝達率と最大たわみの関係に照らし合わせて、空隙の大きさを判定する。

- ①. Abbas A.bott, M.Y.Shahin; "Evaluation of Airport Pavements in The Kingdom of Saudi ARABIA", pp.175～184.
 - ②. サウジアラビア王国における空港舗装の評価・パキスタン・アメリカ (古財武久)
 - ③. サウジアラビア王国の空港舗装を、目視調査・非破壊試験・舗装強度による区分などから評価する方法を検討する。
 - ④. 空港舗装を、 i) 既設舗装の目視調査からPCI (Pavement Condition Index) を求めて評価する方法、 ii) 舗装の強度特性をFWD (Falling Weight Deflectometer) による非破壊のたわみ試験から評価する方法、 iii) 供用期間・走行条件とPCI・FWDの調査結果から舗装を区分する方法、 iv) 切取供試体および現場試験から評価する方法、 v) ICAO(International Civil Aviation Organization) のガイドラインに従った舗装のPCN (Pavement Classification Number) を決定する方法、などから総合的に評価した。
 - ⑤. 空港のアスファルト舗装を評価する際、PCIは舗装の現況を分類するのに有効であり、FWDは舗装構造の強度を知る上で重要であった。しかし、今回の評価においてPCIによる疲労クラックの個所とFWDによる舗装構造の不十分な個所は、現場CBRが高い傾向を示した。また、ICAOによるPCNは、アスファルトコンクリートの疲労性状とは無関係であった。
-
- ①. Corneliu Bob, Iosif Buchman, Laurentiu Nicoara, Nicolae Ionescu; "Steel-Fibre Reinforced Concrete", pp.185～194.
 - ②. スチールファイバーで補強したコンクリート・ルーマニア (井上 正)
 - ③. スチールファイバー (SF) で補強したコンクリート (SFRC) の物性値および実際の道路でこれを適用した時の供用性の評価を普通のコンクリートと比較する。
 - ④. 物性試験は、たわみ強度、衝撃強度、タフネスの3項目とした。また実際の道路への適用方法は、a)事前に作られたスラブ (SFRC ; 50×50×7 cm, 普通のコンクリート ; 50×50×15cm) b)コンクリート上へのオーバーレイ (SFが体積含有率で 0, 1, 1.5 % ; 補修厚 5 cm) の2工法とした。混合は、普通コンクリートと同様の設備で可能である。
 - ⑤. SFRCの物性値は、普通のコンクリートと比較してa)たわみ強度はSFの $\mu l/d$ (μ ; 係数, l ; 長さ, d ; 直径) が大きくなれば増大し、約2.5倍となった。b)衝撃強度は、約8倍となった。c)タフネスも約8倍となり相当大きくなつた。実際の道路への適用は、a)オーバーレイの場合、SFRCの層厚は5 cm程度で、SF (長さ30mm, 直径0.28mm) の含有率が1.5 %の時良好であった。これは8年経過しても良好な供用性を保っている。SFが0 %の場合、2年で完全に破壊した。b)スラブの場合、SF含有スラブ (含有率2 % ; 長さ30mm, 直径0.28mm) は、10年経過しても良好な供用性を保っており、普通のコンクリートに比較し良好であることが判明した。
-
- ①. LT COL L.J.Kennedy. MBE; "Emergency Repair of Airfield Runways After Air Attack" pp.195～207.
 - ②. 空爆を受けた飛行場の緊急補修方法・イギリス (古財武久)
 - ③. 空軍の攻撃により生じた滑走路の穴を、いかに早く安定した状態に復旧するか、その方法についてまとめるとともに新しい方法を研究する。
 - ④. 滑走路の穴を補修する方法は、過去20年間重要な軍の技術として開発されてきた。その代表的な方法は、バラスと50cmの粒調碎石で埋め戻し、その後、転圧整正しアルミニュームのパネルを設置するものである。しかし、補修のスピードアップと表面の平坦性を改善する目的から、新しいシステムが検討された。
 - ⑤. 現在、新しい補修方法として実施されているものでは、穴の表層部分にグラウト材かプレミックス材を用いる方法である。その中で最も耐久性のあるものは、マグネシウム・リン酸塩によるグラウト材であった。また、イギリス、オランダ、ドイツなどの空軍では、プレキャスト・コンクリート・スラブによる補修システムを試みてい

るが、時間的な問題が残っている。将来的には、流動性に富み、短時間（30～45分）で、しかも-10°C～35°Cで施工が可能なものが必要とされている。

- ①. J.A.Emery, "Strengthening of Aircraft Pavements Using Concrete Blocks", pp.209～218.
- ②. コンクリートブロックによる空港舗装の補強・イギリス (古財武久)
- ③. コンクリート舗装のオーバレイに、コンクリートブロックが適用できるか否かを、空港の駐機場で試験舗装を実施し確認する。
- ④. 試験舗装は、25cmのコンクリート舗装（設計CBR 3%の路床上に10cmのリーンコンクリートの路盤）上に、6.5 cm厚のブロックと8 cm厚のブロックを敷きならし比較検討した。また、コンクリートブロックのLCN (Load Classification Number) を決定するため、歴青混合物を12.5cm（浸透式マカダム4 cmと加熱アスファルト混合物8.5 cm）オーバレイしたもの、およびオーバレイしないものそれぞれと比較検討した。
- ⑤. コンクリートブロックによるオーバレイは、約4年間8000台の航空機の走行作用を受けたが、破損しなかった。しかし、6.5 cm厚のブロックは、駐機中の航空機のジャッキアップ中に、若干ひび割れが生じた。また、コンクリートブロックは、歴青混合物によるオーバレイに比較し、高強度で耐久性があり、維持補修も簡便であることが明らかとなった。なお、LCNは、コンクリートブロックが最も高く、73であった。

Session III. Flexible Pavement Evaluation たわみ性舗装の評価

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

- ①. P.G.Jordan, B.W.Ferne, R.T.N.Goddard; "Assessment of structural condition for pavement strengthening", pp.219～230.
- ②. 舗装強化のための構造評価・イギリス (野村健一郎)
- ③. 道路財源の有効利用を目的に、舗装の構造強化に伴う構造評価を合理的かつ経済的に行うための、構造評価装置および手法に関する研究を行う。
- ④. 路面の変形と舗装構造の状態について調査を行い相関を把握すると同時に、路面性状の評価方法の検討を行う。また、直接法と間接法（非破壊法）による舗装構造評価に関する検討を行う。このほか、路面のたわみと舗装の寿命・路面のたわみと舗装厚さについて検討を行う。
- ⑤. 平坦性～わだち掘れ深さ～舗装構造の状態（ひび割れの状態）の関係、および路面性状の評価としてHIGH-SPEED ROAD MONITORによるわだち掘れ深さの測定例を示している。また、Deflection beamによるたわみ測定、採取コアおよび材料による弾性係数の測定、およびFalling weight deflectometerによる構造評価の比較を行い、それぞれの手法により求めた弾性係数を比較して示している。このほか、路面の標準たわみと標準軸重における舗装の寿命の関係、アスコン厚と標準たわみの関係を示している。

- ①. C.R.Crabbe, F.Fox, M.Glover; "Rational Approach for the Estimation of Axle Loads for pavement Design" pp.231～243.
- ②. 舗装設計のための軸荷重評価の合理的アプローチ・イギリス (竹田敏憲)
- ③. イギリスにおける舗装設計法のうち、設計交通量の検討に関するもので、軸荷重のより詳細な分析を行ったものである。
- ④. 1980～1985年の4年半にわたり、8箇所で軸荷重調査を行いデータを収集した。payload（荷重状態）をEmpty, part Full, Full の3つのカテゴリーに分類し、軸荷重との関係を調べた。また車輪の各軸による舗装へのダメージは等価標準軸ESA (Equivalent Standard Axles) = 軸荷重／標準軸 (8.16 t) で表した。荷重試験ではTRRL分類に基づいて車種毎に軸重の変化を調べ、ダメージファクターを求めた。

- ⑤. 軸荷重調査の結果、重車輌のうち98%は1・2、1・22、1-22、1・2-2及び1・2-22（TRRL分類で軸数と連結の状態を意味する）に含まれ、そして全ての車輌の約80%は1・2と1・2-22の2つの区分に属した。車輌の全車輌に対しては全体の約7~10%，軸荷重に対しても2%が法定荷重に対しオーバーロードで、またこのうち4軸固定タイプの車輌のオーバーロードが高いパーセンテージを占めた。
 payload の各カテゴリー毎の割合は、車種によってかなり変化した。そして3種類のpayload 個々にESAを求めるこことによって、より正確な軸荷重の評価が可能となった。
 これらの結果から将来交通レベルの予測の精度も高まり、現在の設計法に反映されることになった。

- ①. G.J.Jordaan, V.P.Servas, C.P.Marais; "The Effective Use of Non-Destructive Testing Methods in Pavement Rehabilitation Design", pp.245~256.
- ②. 補装修復の設計における非破壊試験法の効果的使用・南アフリカ (久下晴巳)
- ③. 非破壊試験を使用した舗装の評価手法に対する供用性基準を見出すため、舗装の状態に関するデータを集積し、コンピュータプログラムにより解析する。
- ④. 舗装の状態に関するデータとしては、過去の試験結果、建設時のデータ、舗装構造、交通量、および舗装の損傷に関するデータ、さらに非破壊試験によって得られる舗装の現在のサービス性、支持力に関するデータ等がある。これらのデータと舗装の残存寿命との関係は、多くの経験と海外で得られた知識をもとに確立されたが、この関係にもとづいて供用性基準を推奨した。
- ⑤. 舗装の損傷、サービス性、支持力、それに対する供用性基準を推奨した。舗装の損傷としてクラック、変形、すり減り、すべり抵抗の低下、また、サービス性の評価項目として乗り心地、わだち掘れ量、すべり抵抗、さらに支持力の評価項目としてたわみ、曲率半径、DCP (Dynamic Cone Penetrometer) 測定結果を取り上げた。供用性の基準は、道路の分類(重要性と交通量)、舗装構造、舗装の排水状態に応じて設定された。また基準は目標とする三つの状態(十分な状態、警告状態、悪い状態)に対して確立された。

- ①. V.Bala Kumar, C.K.Kennedy; "The Structural Evaluation of Flexible Highway Pavements Using the Deflectograph", pp.257~266.
- ②. デフレクトグラフを用いたアスファルト舗装の構造評価・イギリス (久下晴巳)
- ③. デフレクトグラフによって道路表面のたわみ形状を測定し、これに基づいて解析的舗装評価システムおよび設計システムを確立する。
- ④. 道路表面のたわみ形状測定結果と舗装各層のスティフネス、厚みを関連づけるため、3次元の有限要素モデルを用いた。モデルはデフレクトグラフによる絶対たわみの実測結果と調整した。モデルは長さ4.5 m、幅1.92m、深さ2.5 m(最小)が必要であるとわかった。全部で64種類の舗装構造について考慮した。
- ⑤. この設計モデルにより、実用上工学解析に要求される範囲で舗装の特性を予測することが可能であるとわかった。3層構造の特性を予測するためには、荷重中心より距離0 mm, 200 mm, 800 mmにおけるデフレクトグラフのたわみが必要である。さらに広範囲の要因分析を行うことにより、システムをセメント結合層を含んだ舗装にまで適用することが出来るようになるだろう。

- ①. S.F.Brown, W.S.Tam, Janet M.Brunton; "Development of an Analytical Method for the Structural Evaluation of Pavements", pp.267~276.
- ②. 舗装の構造評価を目的とした解析手法の開発・イギリス (久下晴巳)
- ③. 舗装の構造評価法、およびオーバーレイあるいは打換えの設計法を提供するため、フォーリングウェイトデフレクトメーター(FWD)によって舗装表面のたわみ形状を測定し、各層の弾性係数を評価する。
- ④. FWDによって必要な野外データを得、各層の厚さに関する情報はコア採取によって得る。たわみの計算値と測定値を比較して各層の弾性係数を求めるため、コンピュータプログラム(BASEM)を開発した。このようにして得られた歴青層の弾性係数は温度と載荷割合の両方に対して補正される。1984年に、バイパスの試験舗装区間で、FWDとベンケルマンビームを用いて調査をおこなった。

⑤. 以下のことが判明した。FWDはデフレクトグラフやベンケルマンピームに比べて、舗装の構造状態に関するより完全なデータを提供する。すべての舗装構成層の弾性係数は、FWDの測定結果とコンピュータプログラムBASEMによって計算出来る。たわみ形状は特定の層の弾性係数によって決定されるが、たわみの大きさを支配するのは路床の弾性係数である。正確なたわみ形状を求めるときは路床の非線形弾性特性を考慮しなければならない。

- ①. T.Jermyn; "The Use of Dynaflect for Assessing the Structural Strength of Roads in Ireland", pp.277 ~ 285.
- ②. ダイナフレクトによる舗装の構造的強度の評価・アイルランド (田井文夫)
- ③. 舗装の構造強化を合理的に行うには舗装の支持力評価が基本となり、ダイナフレクトたわみ特性値による舗装の構造的評価を検討する。
- ④. たわみ特性値としてDMD(最大たわみ), SCI(表面曲率指数), G5(第5センサーのたわみ)を用いた。舗装の構造的評価は既設舗装の路面状態の主観的評価とDMD, SCIにもとづいて検討した。オーバーレイ設計の検討のためオーバーレイ前後のたわみを測定した。
- ⑤. たわみ測定は季節変動の小さな4月から10月の間がよい。DMDは路床を含めた舗装の支持力の指標となるが、舗装構造中の弱い層を見いだせない。SCIは表層の荷重分散性能の指標となる。G5は路床の支持力の指標となる。DMDとSCIの値より舗装の構造的状態を判別する評価図を作成した。この評価図を利用することによって舗装の構造強化を要する区間の抽出とこれら区間の優先度の設定ができるようになった。オーバーレイ設計に関するたわみデータを得た。

- ①. L.M.McCullough and H.J.H.Bailie; "Road Pavement Deflection and Curvature Studies in Northern Ireland", pp.287 ~ 297.
- ②. 北アイルランドにおける舗装のたわみと曲率に関する研究・イギリス (田井文夫)
- ③. デフレクトグラフたわみ曲線より舗装の構造的な状態を評価するための方法を検討する。
- ④. たわみ曲線は輪荷重心線からある距離離れた点のたわみと最大たわみの比で定義する相対たわみで特性化する。最大たわみは輪荷重心線とそこから800mm離れた点におけるたわみの差である。舗装の構造解析は、表層厚 $H_1 = 6 \sim 30\text{cm}$, 路盤厚 $H_2 = 47.5\text{cm}$ (標準厚), $E_1/E_2 = 1 \sim 256$, $E_2/E_3 = 2.5$ の35種の組合せについて行った。解析結果は、相対たわみ～ $E_1/E_2 \sim H_1$ の関係として整理し、相対たわみをパラメータとして測定値との関連づけを行った。
- ⑤. デフレクトグラフで測定したたわみ曲線より求まる相対たわみと構造解析より求まる相対たわみ～ $E_1/E_2 \sim H_1$ の関係図を用いて、舗装の構造的な状態よりみた有効な表層厚、表層、路盤、路床の弾性率を評価できる方法をみいだした。この評価法の適用結果は、適用例こそ少ないが、一般に現場観測値と一致することがわかった。

- ①. B.E.Ruth, E.Puyana and K.Badu-Tweneboah; "Pavement Layer Moduli Evaluation Using Dynaflect", pp.299 ~ 308.
- ②. ダイナフレクトによる舗装各層の弾性率の評価・アメリカ (田井文夫)
- ③. ダイナフレクトによるたわみから舗装各層と路床の弾性率評価ができるようにするためにたわみ特性値(各センサーのたわみの差など)と弾性率を関連づけた弾性率の予測式を開発する。
- ④. たわみ測定は従来法よりセンサーの配置を増やして行った。弾性率はたわみ曲線にもとづいて3層または4層構造に対するくり返し弾性計算によって求めた。その際に用いた各層の厚さと弾性率の範囲はフロリダ州の舗装を代表する値とした。次に、算出した弾性率とたわみ特性値の相関を検討した。
- ⑤. たわみ特性値から弾性率を予測する式を開発し、舗装の構造評価が容易にできるようになった。ただし、この予測式は表層厚7.5 ~ 20cm, 路盤厚20cm, 安定処理された路床の厚さ30cmの範囲で適用するものであり、路床が深さ方向にいくつかの層をなしている場合には適用できない。

- ①. Waheed Uddin, A.H.Meyer, W.R.Hudson; "Evaluation of structural capacity and in situ modul of pavements based on dynamic deflection" pp.309~316.
 - ②. 動的たわみ基づいた舗装の構造的支持力及び係数の評価 (亀田昭一)
 - ③. ダイナフレクト, FWD (Falling Weight Deflectometer) のたわみ測定結果より, たわみ性舗装・剛性舗装の残存寿命を求める。さらに, これをオーバーレイ設計等に利用する。
 - ④. ダイナフレクトまたはFWDによって測定されたたわみ形状とコンピュータプログラムFPEDDI(たわみ性舗装を使用)・RPEDDL(剛性舗装に使用)で算出されるたわみ形状を許容誤差内に合致するまで繰り返し計算し, 舗装各層のヤング係数を求める。なお, 粒状材料層や粘性土の路床の場合には非線型な挙動を示すため, ダイナフレクトの測定結果から得られた係数は, 非線型モデル (nonlinear strain-sensitive model) を利用して補正される。これは, ダイナフレクトの軽荷重から得られた係数はESAL 18kipのような重荷重が作用する場合のものと異なると考えたためである(ただし, FWDについては, その装置の機構上, 係数の補正は行わない)。また, 路床に岩盤層が存在したときには, 応力波伝播の理論により路床の有限厚を定めヤング係数を求める。温度補正是アスファルト層のヤング係数で行う。
 - 以上の方針により決定されたヤング係数を利用して, 最大引張ひずみ(たわみ性舗装の場合)・応力(剛性舗装の場合)を求める残存寿命を推定する。
 - ⑤. コンピュータプログラムFPEDDL, RPEDDLの開発により, 粒状材料層, 粘性土の路床および岩盤層を含む路床をもつ舗装に対して, 理論的に実測たわみ形状と近似させることができた。
- 残存寿命を次式で推定し, オーバーレイ設計等の理論的アプローチが可能となった。

$$R_L = (1.0 - n_{18} / N_{18}) \times 100 \quad \dots \dots (1)$$

ここで R_L : 残存寿命(%) , n_{18} : 今までに通過した軸荷重。(ESAL 18kip)

N_{18} : 最大通過軸荷重 (ESAL 18kip)

$$N_{18} = 46,000 \text{ (曲げ強度 [ps i]) / (最大引張応力 [ps i]) }^{3.0} \quad \dots \dots (2)$$

$$N_{18} = 9.73 \times 10^{-15} \text{ (1 / 最大引張ひずみ)}^{5.16} \quad \dots \dots (3)$$

ただし, (2), (3)式はそれぞれ剛性舗装, たわみ性舗装に適用する。

- ①. A.A.A.Molenaar, E.Beuvink; "Assessment of Stress Dependent and Soft Layers in Pavement Structures by Means of Deflection Measurements", pp321~333.
- ②. たわみ量の測定による舗装内の応力および軟らかい層の評価・オランダ (中村州章)
- ③. フォーリングウェイトデフレクトメータ(FWD)とコーンプレトロメータ(DCP)を用いて, 舗装内の粒状層に働く応力と軟らかい層が舗装体に及ぼす影響について検討する。
- ④. 粒状層内の応力の評価では, BoussinesqやOdemarkによる方法を基にした手法により, 応力状態を評価している。また, 軟らかい層がその上下の層を含めた全層に及ぼす影響に関しては, Groot や Haan による検討からもその影響は明らかである。したがって, このような軟らかい層の位置を正確に把握することは重要である。ここでは, その方法としてFWDとDCPを用いた測定結果を用いている。
- ⑤. 粒状層の応力状態を把握するために, Odemarkの等値法の考え方を用いて計算すると, 荷重載荷位置の近傍での荷重と表面のたわみの関係からその影響を知ることができる。また, 軟らかい層の位置は, FWDとDCPの実測より求めた深さ方向の弾性係数の変化曲線を重ね合わせることによって求めることができる。

- ①. D.McMullen, M.S.Snaith, J.C.Burrow; "Back Analysis Techniques for Pavement Condition Determination", pp.335~344.
- ②. 舗装の構造評価のための解析技術・イギリス (中村州章)
- ③. 舗装の維持・修繕を行うために, フォーリングウェイトデフレクトメータ(FWD)を用いて測定された舗装表面でのたわみ量を基に舗装体の健全度を評価する。
- ④. ブシネスクの方法を基にした, 多層弾性システムを用いて解かれた弾性解と, 同じ条件で測定されたたわみ量が一致するまで弾性計算を続ける。次に, 多層弾性システムを用いて定められた物性値を基に, 荷重40KN輪荷重

- (8,160 kg軸荷重) のときのひずみ、たわみと、別途定められた許容ひずみ、たわみと比較することによって、舗装体の健全度を評価する。
- ⑤ 舗装の現況の評価を行うことによって、舗装体の残存寿命というものを計算することができる。また、オーバーレイ設計を行う場合、許容ひずみ、許容たわみを満足するまでオーバーレイ厚を増してゆき最適なオーバーレイ厚さを求めることができる。

Session IV. Flexible Pavement Performance たわみ性舗装の供用性

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

- ①. C.R.Freeme, V.P.Servas, R.N.Walker; "Pavement Behaviour as Determined from Heavy Vehicle Simulator Testing", pp.345 ~354.
- ②. 重車両シミュレータによる舗装の挙動・南アフリカ共和国 (池田拓哉)
- ③. 重車両シミュレータで繰返し載荷を行って、粒状路盤層、セメント安定処理層、アスファルトコンクリート層の疲労性状を調査する。
- ④. 試験舗装を施工し、重車両シミュレータによって繰返し載荷を行う。そして、表面の変形量、残留たわみ量、レジアントモデュラス、ダイナミックコーンペネトロメータによる貫入量を測定する。
- ⑤. この報告は、南アフリカ共和国で実施してきた、重車両シミュレータによる試験結果を総括的にとりまとめたものである。累積載荷重数と各測定値の関係を調べ、水の影響の有無による各測定値の変化の違いを示している。測定結果を第1期（施工初期）、第2期（安定期）、第3期（破損の進行期）に分け、粒状路盤層、セメント安定処理層、アスファルトコンクリート層ごとに疲労性状がことなることを明らかにしている。

- ①. P.Kadar, J.McLean; "Experience with the Australian Accelerated Loading Facility", pp.355 ~363.
- ②. オーストラリア式促進型載荷試験装置による試験・オーストラリア (池田拓哉)
- ③. 現場の舗装に対して、繰返し載荷試験を行うために開発された、促進型の載荷試験装置を紹介する。
- ④. 載荷試験装置は、全長26.3mの鋼製フレームでできており、フレームに取付けられたタイヤが前後に移動して、舗装に載荷を行えるようになっている。載荷試験装置は移動可能であり、平坦な場所であればどこでも、繰返し載荷試験を実施できる。輪荷重は、載荷板の増減で4トンから18トンまで1トンきざみで変えることができる。また、タイヤの走行位置は、横断方向に変化させることができる。この載荷試験装置を用いてシドニー-ニューカッスル高速道路で、9月間に合計760,000回の載荷を実施した。
- ⑤. 載荷試験は、輪荷重を80kNに調整して行ったが、タイヤが走り出す部分は衝撃の関係で120kNの荷重がかかった。載荷回数が394,000回の段階での縦断凹凸量は、この荷重パターンに類似して、荷重が大きい部分で大きくなっている。横断凹凸量は、荷重の4乗に比例する形で増加する。ベンケルマンビームによる復元たわみ量は、載荷開始時点で急激に増加し、その後一定値になっており、760,000回の載荷は、舗装新設後の初期の段階の挙動をシミュレートしていることを示している。

- ①. W.D.O.Paterson; "Applicability of Structural Parameters to Prediction of Pavement Performance", pp. 365 ~375.
- ②. 舗装供用性予測のための構造パラメータの適用性・ブラジル (竹田敏憲)
- ③. 舗装構造のパラメータと舗装供用性との間の経験的な関係を見出し、供用性の予測式を確立する。
- ④. 実測値については、大規模なブラジル-UNDP使用性研究のデータを用い、多重回帰により構造パラメータと供用性データを関連づけている。構造パラメータは等値層厚(SNC)、表面たわみ(80kN複輪単軸荷重のベンケルマンビーム最大たわみ及び8Hz, 455 kg荷重のダイナフレクトたわみ)、力学パラメータ(たわみ形状から理論又

は準経験的解析により導いたひずみや応力)であり、供用性データはクラック、ラベリング、わだち深さ、ラフネスである。

- ⑤. 供用性の破壊モード毎に予測が示されており、各パラメータの重要度が次のようにまとめている。
- 1). SNCはクラック、ラフネス、わだちに対して重要なパラメータとなる。
 - 2). ベンケルマンビームたわみは、薄い表層(100 mm以下)の舗装及びセメント系路盤を有する舗装のクラックに対してはSNCと同じ位重要であり、わだちに対しても有力なパラメータとなる。
 - 3). ダイナフレクトたわみや曲率指数については、クラック、わだち、ラフネスなどいずれの予測に対しても適切ではない。
 - 4). たわみから推定したアスファルト表層の引張ひずみは、クラックの予測に適切であり、また、路床上の垂直ひずみはわだち深さと一致するが、実測による情報は不足している。

①. R.C.Deen, H.F.Southgate, G.W.Sharpe, D.L.Allen, J.G.Pigman; "Truck Design and Usage related to Highway Pavement Performance", pp.377~385.

②. 道路舗装の供用性に関するトラックの設計と取扱い・アメリカ (野村敏明)

③. 重車両トラック交通による舗装への疲労ダメージのメカニズムを種々の因子について比較検討し、今後のトラック設計と取扱いの方向性を論じる。

④. トラック荷重が舗装に与える疲労ダメージを等値軸荷重(EAL)で表し、いろいろな軸形態でのEALを算出する。4輪単軸18,000pounds(80kN)を基準軸荷重(1FAL)とする。また、たわみ性舗装におけるわだち掘れの予測コンピュータプログラム(PAVRUT)を開発し、タイヤ圧力とわだち掘れの関係を調べる。

⑤. 同一の車両重量における軸形態の違いによるEALの変化を明らかにし、適切な車両タイプを選択することの必要性を述べた。また、車両重量の車軸への分散がアンバランスになると、EALは40%増加することがわかった。タイヤ圧力とわだち掘れとの関係をEALを用いて検討した結果、タイヤ圧力の増加によるわだち掘れへのダメージの影響は、EALが大きい時ほど強いことが判明した。今後、車両の大型化、タイヤ圧力の増加が予測されるので、EALの小さな車両の選択が重要である。そのためには、トラック工場、ユーザー、車両設計者、議員などへの積極的な働きかけが必要であると結んでいる。

①. G.Stapleton; "M5 Motorway Widening, Lydiate Ash to Strensham (Junction4-8), A quarter of a century case history 1960 to 1985", pp.387 ~396.

②. M5路線の建設から25年間のケースヒストリー・イギリス (谷口豊明)

③. 1960年に建設を開始し、1962年に供用を開始したM5路線(延長約40km)のその後の25年間にわたる維持、修繕の経緯を紹介する。

④. ⑤. M5線の舗装断面は、AASHO道路試験の結果やRoad Noteが発表される以前の1960年に設計されたものであり、CBR法が採用されている。舗装総厚は450 mmで、150 mmの下層路盤、200 mmのセメント安定処理路盤、100 mmのホットロールドアスファルトから構成されている。建設後25年間においては、凍上対策、わだち掘れ対策、交通量の増加に伴うオーバーレイ、一部登坂車線の増設、一部舗装の打換え等様々な維持修繕作業を経験している。オーバーレイ工事においては、たわみ量に基づく設計法を採用したが、オーバープリッヂ部でのクリヤランスの問題から、設計を変更せざるを得なくなったこと、わだち掘れ対策としてP.I.の大きいアスファルトによる混合物を採用したが、早期にひび割れが発生したこと、通信管の埋設工事によって舗装の一部で支持力の低下が発生したこと等、幾つかの失敗談が紹介されている。

①. A.R.Burt; "M4 Motorway, A Composite Pavement The Mechanism of Failure", pp.397~407

②. 複合舗装体の破壊のメカニズム・イギリス (谷口豊明)

③. イギリス国内のM4路線では、舗装表面から下方に進展する極めて特異なひび割れ現象が見られる。当路線の舗装にはセメント安定処理路盤が用いられており、この路盤の特性がひび割れ発生に関係しているものと考えられた。本研究は、ひび割れ発生のメカニズムを知り、適切な修繕箇所および時期の決定を経済的に行えるよう、基

基礎的なデータの収集を目的としたものである。

- ④. 1962年と1971年に施工されたM4路線の計92kmについて、1981年に路面性状、建設記録、コア、交通量を調査し、さらに1980年と1983年にディフレクトグラフによるたわみ量測定を実施した。
- ⑤. ひび割れの発生状況に関し次の2つ特徴点が見出された。i) ひび割れは横断または縦断方向のほぼ直線的なものであり、特に横断ひび割れはある密度（本数）に達するとそれ以上増加しない。ii) 舗装表層のひび割れは最初表面部分から発生し、下方へと進展してゆく。また、縦断ひび割れは、使用したペーパーの施工幅員によって、縦断目の位置に沿って発生する場合が多いことも判明した。なお、セメント安定処理路盤材の強度が大きく、アスファルト表層も十分なたわみ性を持つ舗装では依然としてひび割れの発生が認められないことから、いわゆるコンポジット舗装では表層および路盤の品質が供用性に関し重要と考えられた。

①. Wambura J.H.G, Odera M.S; "The Performance of Pavements and Overlays Recently Constructed in Kenya" pp.409～418.

- ②. ケニアにおける最近建設された舗装及びオーバーレイの供用性・ケニア (児玉充生)
- ③. 舗装の補修とオーバーレイに関する新しい設計要綱の発行に伴い、従来の要綱を比較するため、幹線道路に於いて様々な舗装を行いその供用性を調査する。
- ④. 新しい舗装設計要綱は、二層弹性モデルにより舗装の適合性を評価している。すなわち、上層は摩耗層及び基層であり、下層は路盤からなる二層を想定している。代表的な舗装として、アスコン、密粒瀝青マカダム、碎石、砂利を用い、交通条件は500万～1500万の軸数通過の条件で、舗装を行い供用性を調査した。供用性評価は、i) ベンケルマンビームによるたわみと曲率半径 ii) 表面的な破損 iii) 表面粗さ及び iv) 軸重分布調査を行った。舗装は500kmの延長で行われ、オーバーレイとして、厚みの異なるアスコン、密粒瀝青マカダム及び表面処理を行い、さらに新舗装についても上記3種の組合せを用いて行われた。
- ⑤. 二層弹性論による舗装とオーバーレイの構造設計は成功であり、たわみ及び曲率半径測定は供用性を評価するものとして最良である。しかし、今回の手法についてもさらに補足されるべきであり、またいくつかの設計における変数を詳細に明確する必要がある。

①. J.Rolt, H.R.Smith, C.R.Jones; "The Design and Performance of Bituminous Overlays in Tropical Environments", pp.419～431.

- ②. 热帯地方におけるアスファルトオーバーレイの設計法と供用性・イギリス (谷口豊明)
- ③. 热帯地域におけるオーバーレイ設計法を検討するため、アフリカ、ケニア国内の60箇所で試験施工を実施し、オーバーレイ後の供用性を追跡調査した。
- ④. ケニア国内の気象条件の異なる6つの地域で計60箇所のオーバーレイを施工した。使用したオーバーレイ混合物は、アスファルトコンクリート、ホットロールドアスファルト、デンス・ビチューメンマカダム等で、オーバーレイ厚は交通量とたわみから設計寿命8年として求めた設計厚と、その±25mm, +50mmである。また、各施工箇所はオーバーレイ厚さや混合物の種類を数種ずつ組合せて施工した。追跡調査の主な項目は、ひび割れ率、わだち掘れ量、たわみ量、オーバーレイ混合物のアスファルト性状などである。
- ⑤. 施工後の路面の破損形態はひび割れがほとんどであり、コア調査から、このひび割れはリフレクションクラックでしかもひび割れの進展は従来考えられていた下方から上方ではなく、表面から下方であることが判明した。ひび割れ発生の直接原因はオーバーレイ層表面の数mm部分のアスファルトが著しく劣化したためと考えられるが、ひび割れの進展速度と舗装構造（たわみ量、オーバーレイ厚、 T_A ）や交通量との関係について明確なものは見出せなかった。

①. S.P.Bindra, Adli Balbessi; "Experiences from Design and Evaluation of Flexible Road Construction Practices in Some Developing Countries", pp.433～442.

- ②. 発展途上国におけるたわみ性舗装の設計、施工・ヨルダン (谷口豊明)
- ③. アジア、中近東地域の国々における舗装の設計、施工に関する実情を筆者の経験から幾つか紹介する。

④. ⑤. 発展途上国においては、技術的、経済的な制約から地域特有の材料を路盤材として利用する場合が多く、舗装も簡易舗装程度のものが多い。本報文では、マカダム路盤の材料および施工法（インド）、塩分を多く含む路床土とその対策法（クウェート）、膨潤性路床土の問題（ヨルダン）について紹介している。上記3ヶ国では、路盤として水締めマカダム、粒状材、セメントあるいは石灰安定処理が用いられているが、支持力等の問題から表層にMap Crackingの現れるものも目立ち始めている。ベンケルマンビームやダイナフレクトによるたわみ量測定の結果からも、安定処理をしていない路盤を持つ舗装は、安定処理路盤よりたわみ量が大きく、この種のひび割れ発生も著しいようである。

- ①. A.Marchionna, M.Cesarini, M.Fornaci, M.Malgarini; "Evaluation of Pavement Characteristics Using the F.W.D and Remaining Life Prediction in Terms of Cracked Area", pp.443～452.
- ②. F.W.Dによる舗装特性値の評価とクラック部分における残存寿命の予測・イタリア (児玉充生)
- ③. 増加する道路に対する財源を有効に利用するため、耐久性を評価する方法としてF.W.Dで求めたたわみ量を測定することにより、舗装の残存寿命を予測する。
- ④. たわみ性舗装及び半剛性舗装の残存寿命を予測する為、様々な厚さや弾性率を持つ層についてF.W.Dにより測定を行った。弾性層及びその結合層では線型弾性論又、非結合層（路盤、路床）では非線型弾性論を用いて解析を行った。又、F.W.D荷重下の多数の応力分布は有限要素法のプログラムNOLAPにより解析を行い、又たわみ量を求める多数の回帰式の定数決定にはプログラムPASTTREを使用した。さらにクラックの伝達を考えたアスファルト層の疲労モデルも開発され、種々の舗装表面クラック段階の許容荷重を求めた。
- ⑤. F.W.Dを使用して、非線型多層モデルによる交通荷重の応力計算、及び結合層の疲労解析を行い、理論及び経験的データにより疲労曲線を開発した。これによりクラック発達による舗装寿命を考察でき、また結合層のクラック発達の影響を評価することができた。

Session V. Equipment and Construction techniques 測定装置と施工技術

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

- ①. F.Berg, J.M.Jansen, H.J.Ertman Larsen; "Structural Pavement Analysis Based on FWD, Georadar and/or Geosonar Data", pp.453～461.
- ②. フォーリングウェイトフレクトメータ、地中レーダ、地中ソナーによる舗装の構造解析・デンマーク (池田拓哉)
- ③. 舗装のオーバーレイ厚さを適切に決定するために、FWDでのたわみ測定を実施しているが、解析には舗装の厚さを正確に知る必要がある。舗装各層の厚さを非破壊で探査するために開発した、電波を使う地中レーダと音波を使う地中ソナーの2つを紹介する。
- ④. 電波や音波を舗装内部に向けて発信すると、その一部は境界面で反射し、残りは減衰しながらさらに深く進んで行く。この反射波を捕らえ、受信までに要した時間と反射波のエネルギーを測定して境界面の位置を求める。調査対象の区間についてこの測定を実施し、開削調査によって実際の深さと測定値を比較する。
- ⑤. 地中レーダ、地中ソナーとも、アスファルトコンクリート層、粒状材料でできた上層路盤層、土質材料でできた下層路盤層の厚さ、路床面の深さを実用上問題のない精度で求めることができ、FWDによる測定結果を組合せて、オーバーレイの設計に有用なデータを得ることができた。しかし実用化にあたっては、より厚さ層を持つ舗装へ適用できるように改良すること、データ処理におけるノイズ除去方法を開発することが必要である。

- ①. H.J.H.Bailie, L.M.McCulloough, E.T.Stewary; "High Speed Rut Measurements in Highway Maintenance Assessment", pp.463~472.
- ②. ハイウェイの維持評価における高速わだち深さの測定法・北アイルランド (児玉充生)
- ③. 標準の通行速度で走行しながらわだち掘れ深さを測定するためのシステムを開発する。
- ④. 比較的安価な非接触の超音波システムが採用されておりその標準範囲は170 mm, 分解能は, 0.67mmである。このシステムはマイクロコンピューターにより制御されており, データの集積, 結果の表示, 又図式による表示を行う。
- ⑤. 本システムによる分析結果は, MARCHあるいはCHARTといった維持システムへも入力でき従来の測定方法に比較して, データの収集能力も高くかつ, 正確な値が得られる。また従来の維持評価システムにより破損が観測されるより前に構造破損が確認できる。さらにたわみ計との使用は, 破損の進行中の舗装部分へ測定を行うことが可能である。
- 日常のわだち測定により, わだちの成長率を決定することが可能であり, 舗装の将来の寿命を予測することが可能となる。

- ①. M.Srsen, P.Pale, "Yugoslav Experience with the La Croix Deflectograph", pp.473~482.
- ②. ラクロアたわみ測定装置に伴うユーゴスラビアの経験・ユーゴスラビア (丹治和裕)
- ③. ユーゴスラビアでラクロアを導入してから経験した事柄の紹介。
- ④. (1). ベンケルマンビームとの相関
- ①. A5層厚の異なるセクションでの相関係数は0.925~0.971 であった。
 - ②. ベンケルマンビームの値はラクロアより約20%高い値を示す。
- (2). たわみの季節変化
- 季節変化により舗装の支持力は変化する。そこで時期を限定しなくともたわみ測定ができるようにたわみ調整係数を確立した。
- (3). ラクロアの実用限界
- 高温により生ずる舗装の凹凸により測定ビームの曲がりや回転を引き起こし, 測定システムに深刻な損傷を生ずる。
- (4). 新たなたわみ測定システム
- 既存のシステムに新たなマイクロプロセッサーを装備し, 利用効果を向上させている。このことにより, 測定中のデータ表示が可能になり最大たわみ測定に加え舗装たわみの全状態も記録できるようになった。
- (5). ラクロアの利用割合
- 舗装支持力の評価は幾つかの幹線道路で系統だって続けられており, 3台のラクロアは最大限活用されている。

- ①. J.L.Gardiner, A.Williams, C.K.Kennedy, "British Equipment for the Evaluation of Highway Pavements and for the Analysis of Collected Measurements", pp.483~493.
- ②. 道路舗装の評価及び測定解析の為の英国の装置・イギリス (丹治和裕)
- ③. 最近英国で開発された調査装置のハード, ソフト双方の紹介。
- ④. 舗装たわみデータ調査装置 (PDDLE), 横すべり調査装置 (SCRIM), 改良凹凸計及びデータ処理システムについて記述されている。
- (1). 舗装たわみデータ調査装置 (PDDLE),
- 調査機構はラクロアと同じで後輪荷重の通過による路面の1時たわみを計測するが, 本装置の特徴は計測後のデータ処理ソフトとオプションにある。即ち, ディスプレイ上にたわみ曲線や最大たわみのヒストグラムが表示されたり, オプションにより精度が1/1000mmまで上げることができる。
- (2). 横すべり調査装置 (SCRIM)
- 調査機構は第5輪を走行方向に対して20度に向け, 200 kgの垂直荷重をかけて横すべり抵抗を計測する。本

装置の特徴はすべり抵抗が連続で得られ、テストタイヤが長寿命であり、再現精度が2%の誤差率であることである。

(3). 凹凸指示計 (B.I)

調査機構は一定速度(32km/h)で走行する単車輪トレーラーのシャーシに対する車輪の相対的な動き(即ち凹凸指数は垂直方向の動きの合計を移動距離で割った値)で表される。本装置の特徴は誤差を従来の11%から3%に減少したこと、30m~1000mの道路長の凹凸測定に利用できること、さらに特定の長さの凹凸指数を算出するだけでなくユーザーが定義した最小限界を越える箇所を認識できることにある。

(4). PAVSCANシステム

上記調査装置等により計測されたデータを処理(表示や蓄積)するシステムである。5インチフロッピーディスクにストアされたデータをディスプレイ上でスクロールすることによりハードコピーを必要としない。

- ①. I.Willis, J.L.Gardiner, J.Baker, "Development of Equipment for Evaluating Pavements Using Contactless Sensors", pp.495~502.
- ②. 非接触センサーを使用した舗装評価の装置開発・イギリス (丹治和裕)
- ③. 非接触センサーや、ビデオシステムを利用し、交通阻害や調査時間を損なわない舗装路面の特性を調査する装置開発の紹介
- ④. ビデオスキャンシステムと粗さ計について記述されている。

(1). ビデオスキャンシステム

カラービデオカメラとプリズム光学系を屋上に搭載し、車両内部にビデオ記録器が搭載してある。このシステムは次の3つのモードでの使用が可能である。

- a. ワイドアングル、小傾き角でカメラをセットし、60km/hまでの走行速度で道路状況を提供する。
- b. 車両前方の路面をズームアップし、路面性状の情報を提供する。わだちとひびわれは30km/hまでの速度で認識できる。
- c. ワイドアングルでカメラをセットし、交通量のパターンや車両の動きの情報を提供し、事故のブラックポイントの評価に供する。

(2). 粗さ計

粗さ計は人力操作システムとトレーラー高速式の2様式を開発した。パルスレーザーを利用し、マイクロコンピューターで処理を行う。人力操作システム(ミニ粗さ計)は300mmの測定を1回に行い10mの平均値を出力できる。トレーラー式は100km/hで走行でき5, 10, 20mの平均値を出力できる。

- ①. B L Parker; "Location Referencing and its value in high speed mobile data acquisition", pp.503~514.
 - ②. 高速で移動する舗装構造・路面性状測定装置の測点照合方法およびその評価・イギリス (野村健一郎)
 - ③. 1974年以降、英国の地方自治体における道路維持では、特に投資効果を考慮するようになり、これに伴い合理的な道路評価手法の要求が急増してきた。そこで、舗装構造評価装置および路面性状評価装置について調査を行うこととした。
 - ④. 合理的に道路評価を行うには、正確なデータを収集するのはもちろんのこと、調査コストを低減すると同時に、調査時の通行車両への影響を最小限に押さえる必要がある。そこで、測定速度に主眼を置き舗装構造評価および路面性状評価に関し調査検討を行った。
 - ⑤. 舗装構造および路面性状の評価手法として"Deflectograph", "Bump Integrator", "Ground Radaar", "SWE-Road", "TRRL high-speed road monitor and the vehicle mounted laser texture meter", "Falling weight deflectometer", "Surface characteristic monitoring tool", "Video-monitoring"をとりあげ、性能等をとりまとめた。
- また、高速で移動して評価を行う場合、特に重要となるのは設定した測点で確実に測定を実行することである。そこで、測点照合方法に要求される基本事項を取りまとめた。このほか、特に興味深い測点照合方法として、路肩にバーコード標識を設置し、ヘリウムネオンレーザーで識別する手法を紹介している。

- ①. D.J.Pickles; "Developments in strengthening techniques on motorways and trunk roads in staffordshire since 1976", pp.515 ~523.
- ②. Staffordshire における1976年以降の、自動車専用道路および幹線道路の舗装強化技術・イギリス
(野村健一郎)
- ③. 1976年以降にM6自動車専用道路および幹線道路で実施された舗装強化における、設計、使用材料、および施工について、担当技術者の立場から報告する。
- ④. 設計はDeflectographにより測定したたわみを基に、交通局アドバイスノート HA / 25 / 83に示されている「たわみ測定の解析と応用」を参考にして、電算プログラム「DEFLEC」を用いて行った。また、使用材料に関する検討は、BS 594 およびBS 4987に準拠して行った。
- ⑤. アスファルト舗装の設計基準を修正することで、僅かな投資の増加で舗装の寿命が大幅に増加することが明らかになった。また、わだち掘れ対策として、アスファルト混合物の粗骨材量を35%に増加する。改質アスファルトを使用する等の手法を採用した。なお、後者では転圧時の温度確保のために、施工厚さを40mmから50mmに増加している。また、経験上ほとんど風が無い状態で、チップスレッガー直後の混合物温度が140 °C以上確保されれば、チップ散布直後に転圧を行うことで、気温が0 °C付近でも十分な締固めが得られるとしている。

- ①. D.M.Mckibbin, A.R.Woddsie; "The Assessment, Monitoring and Quality Control of Dense Bitumen Macadam wearing Courses in Northern Ireland", pp.525~535.
- ②. 北アイルランドにおける密粒度アスコンの性状実態調査および品質管理・イギリス
(西沢典夫)
- ③. 実際に舗設されている密粒度アスコンについて、規格値に対する合格率の実態を把握するとともに、より品質を高めるための品質管理方法を検討した。
- ④. 1979年~1983年の間に施工された舗装より約3000のサンプルを採取し、抽出試験によって骨材粒度およびアスファルト量を測定、また締固め度および空隙率を測定した。
- ⑤. 各材料の規格値に対する合格率は、b/c asphalt 75 %, w/c asphalt 49%, w/c macadam 41%, b/c asphalt 26 %であり、非常に不満足なものであった。また、締固め度は、89.4%~95.5%，空隙率は5.3 ~17.1%，平均で11.5%と予想とかなり異なり、施工方法の改善についても検討する必要がある。これらの結果を踏まえ、品質管理方法の改善を行った。主な改善点の1つとして、規格値に対して、Aランク（規格値を全て満足する），Bランク（規格値をわずかにはずれる），Cランク（規格値を大幅にはずれる）を設け、Aランク以外については発注者側で行った試験費を請求者が負担し、CランクおよびBランクが続いた請負者については再施工を行わせることとした。

- ①. G.Jamnejed, B.Kazerani, R.C.Harvey, J.D.Clarke; "Polymer Grid Cell Reinforcement in Pavement Construction", pp.537~546.
- ②. 格子状ポリマー構造体による舗装構造の補強・イギリス
(西沢典夫)
- ③. 仮設道路等において有用性を再評価されているブロック舗装の基層として、蜂巣構造のポリマー構造体に路床土を詰めた基層（補強層）を採用することによる舗装体の弾性挙動を測定した。
- ④. 測定方法は、補強層上および、その上にブロック舗装を設置した上で平板載荷および繰返し平板載荷試験を行い、弾性変位および永久変位等を測定した。
- ⑤. 室内試験から得られた主な結果は以下のとおりである。
 i. 補強層の破壊強度は、詰まっている路床土の密度によって大きく変動する。ii. 補強層は無補強層に比較して弾性変位は大きいが永久変位量は約半分である。iii. 繰返し載荷による強度低下は補強することによって改善される。iv. 補強層を含めた舗装体について測定された弾性挙動は、従来の弾性理論による計算値と一致しない。

Session VI. Pavement Management 輔装管理

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

- ①. R.Abell, P.B.Still, D.A.Harrison; "Estimation of Life Cycle Costs of Pavements", pp.547~558.
- ②. 輔装のライフ・サイクル・コストの推定・イギリス (田中輝栄)
- ③. アスファルト舗装の維持修繕計画でのライフ・サイクル・コストを推定するために開発したコンピュータ・モデルの有用性について、そのフレームワークと計算例により実証する。
- ④. 道路型式、交通量、設計および維持修繕に関する施策、初期の舗装状況、将来コストの割引率を入力として、維持修繕コスト、道路利用者コスト(交通遅延)、維持修繕状況のプロフィール、全てのライフ・コストを出力するコンピュータ・モデルを用いてライフ・サイクル・コストを評価する。
なお、1kmを20区間(1区間=50m)に分割して、各区間について検討する。
また、舗装悪化の指標として、わだち掘れ量、たわみ量、すべり抵抗を用いる。
このモデルを用いて、新設道路と補強を必要としている既存道路の2種類の計算例(評価期間50年)を示し評価する。
- ⑤. 2種類の計算例により、舗装の設計寿命(10年、20年、30年の3種類)および維持修繕戦略の大きな変化が、維持修繕コストおよび道路利用者コストには、それほど影響を及ぼさないという結果を示した。
また、いずれの計算例においても設計寿命が20年付近が最低コストを示した。
以上の計算例の評価などにより、このモデルが、各種維持修繕戦略の長期にわたる経済関係を解析する可能性を有することを実証した。

- ①. I.C.Butler; "The Development of a Deflection Based System for the Management of Structural Maintenance", pp.559~568.
- ②. たわみに基づく舗装の修繕管理システムの開発・イギリス (田中輝栄)
- ③. 輔装から測定されるたわみに基づくコンピュータによる構造的な維持修繕管理のシステムの開発
- ④. ネットワーク内の全ての道路における舗装のたわみ、交通、道路建設に関する情報のデータ・ファイルから個々の区間における維持修繕計画までの一連の維持修繕管理システムを開発し、コンピュータに組み込み、このシステムの有用性を評価する。
なお、このシステムは、TRRLの"Flexible Pavement Evaluation and Overlay Design Method"に基づいている。
- ⑤. 以下の項目について、順次、自動的に処理され、VDUスクリーンまたはハード・コピーで出力することができる。
入力データの確認チェック、調査により得られたたわみ測定値の処理、区間の明確化、残存寿命に基づく各区間の優先順位、維持修繕の遅延費用の推定、最優先順位の区間、維持修繕の距離、オーバーレイ厚、再舗設の距離、構造的な維持修繕計画の概要など。

- ①. H.G.R.Kerali, M.S.Snaith; "A System for Assigning Priorities to Maintenance Projects in Developing Countries", pp.569~579.
- ②. 開発途上国における維持管理計画の優先順位割当システム・ウガンダ、イギリス (田中輝栄)
- ③. 多くの開発途上国では、財政の制約上、道路ネットワークを最適な水準に維持することは不可能である。この理由により、維持修繕を必要とする道路の維持修繕の優先順位割当システムを開発する。
- ④. プロジェクト・レベルでの維持管理システムに組み込まれている道路の小区間をネットワークを構成する同質のリンク・セクション(一様なパフォーマンスを有する同質の道路区間)に結合する手段を検討した。開発途上国では、車両操作コストがトータル輸送コストの中で大きな割合を占めることに着目して、道路建設後のトータル輸送コスト(車両操作コストおよび道路維持管理コストを含む)を最小化する道路維持管理の戦略、優先順位割当のシステムを検討した。

なお、検討に当っては、タイで開発された舗装管理システム(TPMS)で収集されたデータを使用し、投資評価モデルとして世界銀行の報告によるHDM3が、ネットワーク中のリンク・セクションの最適条件を決定するために用いられた。

- ⑤. TPMSから導出されたリンク・セクションのパフォーマンスを、これと異なった地域を対象にして作成されたを用いて確実にモデル化することができた。

維持管理で、道路のラフネスを減じるようにする戦略は、経済評価で、より低い輸送コストを導いた。

- ①. R.Topio; "The Evaluation of Maintenance and Reconstruction Needs of Roads in the Long-Term Planning", pp.581~592.
- ②. 長期計画における道路の維持改築の必要性評価・フィンランド (羽山高義)
- ③. 道路網全体の維持、修繕、および改築を合理的に行うため電算処理手法による長期計画システムを開発した。
- ④. システムは、1986年から2000年に向けてのもので、1983年から1985年にかけて調査を行い、データバンクを作成し体系化した。
- ⑤. 長期計画システムは、現在の道路網の評価、維持等の対応策の答申、住民および環境に対する影響評価、代替案の吟味とコスト解析、長期施策の決定と短期方針の指示発令からなる。システムは、当局の出先機関によって運用されるが、開発中のモニタリングシステムによって監視できる。システムにはまだ不備な点も多く、開発途中的段階ともいえるが、実際の運用を通じて漸次改善をしてゆく。

- ①. A.Szkutnik, A.T.Visser; "Applications of a Maintenance Management System for Unpaved Roads in South Africa", pp.593~603.
- ②. 南アフリカ共和国における維持管理システムの未舗装道路への適用・南アフリカ共和国 (井上 正)
- ③. 未舗装道路へ適用した維持管理システムを紹介するとともに各地区でこれを実際に適用した時の有効性を説明する。
- ④. MDS (Maintenance and Design System)は、ネットワークレベルでの維持管理プログラムとして作られている。これを使って乗りごこち (Roughness) と砂利の損失量 (Gravel loss) を計算し、それぞれ実際に測定した値と比較することによりMDSの妥当性を検証する。さらにこの利用価値についても検討を加える。
- ⑤. MDSによる乗りごこちおよび砂利 (現地発生材のラテライトおよび石英岩) の損失量の計算値は、実際の測定値と良く一致していた。ただし、乗りごこちの値は、表層の砂利のトップサイズが小さい場合実際の測定値よりも大きい値となり、逆の場合小さい値となる傾向があった。この結果、ネットワークレベルでみた場合MDSは、有効な維持管理の情報を与えるのに十分利用でき、特に作業コントロール、グレイダーの数の決定、補修のための砂利をひく計画、砂利道から舗装道路への優先順位および時期の決定に有効であることがわかった。さらに維持の予算配分を便益-コスト比により有効に行えることがわかった。現在このシステムは、南アフリカ共和国の未舗装道路の維持管理に十分ガイド役として利用できることが判明した。

- ①. Y.Abe, F.Tatsushita, T.Abe, K.Ozawa; "Maintenance and Rehabilitation Technologies of Heavy Traffic Road Pavements in Tokyo", pp.605~613.
- ②. 東京における重交通道路舗装の維持修繕技術・日本 (羽山高義)
- ③. 東京都管轄の重交通道路舗装について、それをとりまく環境条件を述べたうえで、舗装破損の状況と維持修繕技術の現況とを整理する。
- ④. 東京都が行ってきた過去10年間の一連の調査研究成果の再整理。
- ⑤. 東京都は2000kmの道路を保有管理しているが、それらは厳しい条件下で供用されている。沿道住民におよぼす交通振動が大きな問題となっているが、この解決には平坦性の回復と舗装構造の強化が大切である。後者については、1967年以降新設計法により改善を続けている。旧構造では構造的ひび割れが問題であったが、新構造ではアスコン層の塑性流動が問題となってきている。この補修として今では切削オーバーレイを主に採用しているが、耐流動性混合物の使用により流動発生を抑制する努力も続けている。表層の破損については路上表層再生工法の採用も増加傾向にある。維持修繕の判断基準としては、都独自のTMI (Tokyo Maintenance Index)を開発

した。路面調査においては自動計測機も使用し始めている。

- ①. P.K.Roberts; "A System for Management of Structural Maintenance on A Major Road Network", pp.615 ~624.
- ②. 主要道路網における構造的維持管理システム・イギリス (大坪義治)
- ③. 観察状態調査とたわみ測定を基本とした管理システムの概要紹介
- ④. システムはTRRLによって開発されてもので、たわみ性舗装の残余寿命の予測とオーバーレイ厚の設計を行う。このシステムの主な要素は以下の通り。
 1. デフレクトグラフによるたわみ測定
 2. TRRLのたわみ設計方法による解析
 3. 観察による状態調査 (CHARIT)
 4. 舗装構造計算たわみ測定は、1976年以来、10000 kmの管理道路全体を把握するために、3年毎に、4 mピッチで実施され、コンピュータプログラム (DEFCLC, PAVSCAN) で、残余寿命の予測、要修繕の判定、必要オーバーレイ厚の解析、次いで、優先順位の評価が行われる。
- ⑤. 本システムは、解析を含めての調査費用が修繕費の1%で、道路網全体の構造的評価が可能である他、詳細な設計、優先順位計画、財政的管理のためのデータを提供することができる。

- ①. Charles A Catt; "The Practical Use of The Deflectograph", pp.625~633.
- ②. デフレクトグラフの実際的使用・イギリス (大坪義治)
- ③. Warwickshire州におけるデフレクトグラフの利用方法についての紹介
- ④. 道路網の構造的健全度の評価と適切なオーバーレイ計画のために用いられるデフレクトグラフについて、調査計画、データ収集と処理、および、8年間に得られた結論について言及している。
調査は、主要幹線道路で3年毎、他で6年毎に行われ、年間250 kmに及ぶ。
データ収集としては、デフレクトグラフによるたわみ量の他、コアボーリングによる舗装厚とアスファルト混合物層厚、および交通量である。
これらデータはDEFLEC2および、PAVSCANプログラムで処理され、残余寿命や必要なオーバーレイ厚 (0 mm, 40 mm, 100 mm, 175 mm, 225 mmのランク別) が図表化される。また、コアの位置や交通量とともに、残余寿命の色分け (1~3年；オレンジ、4~9年；イエロー、10年以上；グリーン) が地図上に描かれ、年々の調査結果のネットワーク図が作成される。
- ⑤. デフレクトグラフを使用してきた結果、舗装の構造的健全度の評価にはデフレクトグラフが有用である。データ処理には、操作の容易さ、出力様式の見やすさ等からPAVSCANが適切である。

- ①. C.Garrett, E.D.Lawrence; "Structural Road Maintenance Assessment in Kent", pp.635 ~646.
- ②. ケント州における道路の構造的評価・イギリス (大坪義治)
- ③. ケント州における道路舗装の状態調査について、考え方と現状を紹介
- ④. 舗装状態調査は、補修の優先順位の決定と計画の最適化を目的に定期的に行われている。この調査には舗装の供用性限界に至るまでに実施する検診的なもの (Diagnostic Survey) と、限界を過ぎて実施する手術的なもの (Pathological Survey) がある。ケント州では、以前、後者が主体であったが、維持計画の技術的・財政的検討のためには前者の定期的観測が不可欠であるので、たわみ測定 (デフレクトグラフ) スペリ抵抗測定 (SCRIM), 平坦性測定 (Bump Integrator), および観察調査 (CHART) 等を実施している。また、最も重要なデータの利用の面では、データの処理結果 (残余寿命、補修方法、危険箇所等) と道路の幾何的データとの統合した図を作成している。
- ⑤. 高速測定車を用いた調査費用は高額ではあるが、データの単位コストでみると、以前の機具に対してより安価である。今後、ネットワーク全体の舗装の寿命とトータルコストの研究が進めば、調査費用の使益はさらに具体化されるだろう。

“かく”こと

宮下 武

前建設省近畿地方建設局福井工事事務所長

《かくこと、その1. 紹介文》

福井工事事務所は、県下唯一の直轄事業の工事事務所である。ただし、足羽川ダム調査事務所、九頭龍川ダム統合管理事務所があるので、県内に三事務所があることになる。

福井工事事務所がお預かりしているのは、直轄河川として、九頭龍川と北川、直轄砂防として、真名川、そして、直轄国道として、一般国道8号、27号、161号、及び権限代行の158号油坂道路である。今年度当初の事業費は、治水特別会計30億、道路整備特別会計107億、合計137億、現在の職員数は130人で、県都福井市、人口25万人の市街地南部に所在する。

福井県は、人口81万人で、全国47都道府県の45番目にあるという。県土は、おおむね、昔の越前の国と若狭の国をあわせたものにあたる。福井市は、その県土のかなり北に偏ったところに位置している。地元紙のコラム欄に「越山若水」という題がつけられているように、越前は山、若狭は海に、景観すぐれたところが多い。もちろん、越前の海、若狭の山もまたよいのであるが、あえて特徴を言いたてて、こなれた言葉となったものであろう。時は秋である。越前でも、東の方、大野市、和泉村を中心とする奥越の山々は紅葉と黄葉がそれぞれの色どりも鮮やかに山肌を染めている。九頭龍川がその下流に育てた穀倉坂井平野では、福井県をふるさととするコシヒカリの収穫がすっかり終っている。九頭龍川の水が育くんだけを、九頭龍川水系に水源を求めた水で炊き上げると、米審委員をつとめる知事の言のように日本一うまい米となる。そのせいか、福井に着任して、すこし、体重が増え、ベルトの穴が気になる最近ではある。若狭・越前の海は、雲丹、鰯、鰆について、蟹のシーズン、冬を迎えるようとしている。

冬といえば、福井の冬は雪を抜きにして語ることはできない。城下町大野の雪景色は美しい。しかし、また、除雪の苦労は雪国の人々にとって、毎年のことながら、

避けて通れない問題である。福井工事事務所が管理している8号、27号、161号についても、その全長180kmにわたって雪寒指定を受けている。昨年は雪寒対策費3.8億円を投入し、出動日数40日、凍結防止剤使用量1300tを数えた。山間部を中心に、延べ38kmにわたり設けられた散水融雪設備が有効に働いている。一般国道は高速自動車国道と異り、有効に入出規制し難い構造であるため、簡単に通行止の上、除雪を行うというわけにはいかない。しかし、一方では、長距離の職業運転手からは、必ず通れるということで信頼を得ているようである。この信頼に応えることは責任の重いことではあるが、一般国道まで簡単に閉めるようでは、県内の方々のみならず、近畿、東海、北陸の連絡に支障を来たすということで、所管の道路管理課、機械課、国道維持出張所のみならず事務所全職員一丸となって直轄国道の通行確保に力を尽している。この冬は、長期予報によると長く厳しい冬だということで、今から事務所の話題ともなっているが、すでに準備にはいっている。

《かくこと、その2. 銘板》

直轄河川九頭龍川は、奥越・和泉村の岐阜県との県境油坂峠を源とする延長116kmの河である。その流域、 2930 km^2 には県人口の7割、57万人が居住している。上流大野市の左支川真名川には、直轄施工により昭和52年10月完成した真名川ダムがある。このダムは、総貯水容量1億1500万m³、高さ127.5mのアーチ式ダムで、洪水調節、発電及び不特定用水の多目的ダムであり、総降水量1044mmという昭和40年9月の記録的な奥越豪雨による災害のあと着工・完成されたものである。真名川砂防事業は、真名川ダム及びその上流の笛生・雲川の両ダムの機能を保全する目的で、昭和53年度から事業を実施している。荒廃渓流から流送される土砂の貯留、不安定土砂の安定化ということで、砂防堰堤の建設を進めており、これまでに3基が完成し、本年度も1基完成の予

定であり、他に6基の砂防堰堤の工事を継続している。ところで、砂防堰堤には銘板がつきものである。これは堰堤名、地建名、事務所名、完成年月等を記するもので、字数にして50字程度となる。字は、完成時の所長が書かせて頂けるということで、大変に名誉なことである。実は昨年完成の一基については小生の作である。頂いたお手本をみながら、一ヶ月半も練習を重ねたが、なかなか上手には書けなかった思い出がある。管内の橋梁、トンネル等に歴代の局長、所長の手になる銘板がある。先人にも、小生のような御苦労がおりになったかどうかは判らない。しかし、みるものすべてさまになっているというか、うまくおさまっている。今年完成の分についても期限が近づいている。年一回ではなかなか進歩せず、またまた去年と同じ程度かと思うと頭も痛いが、大変有難くもあるわけで、まだ残された期間、真面目に手習いを続けるつもりである。

権限代行の国道158号油坂道路は、福井市から岐阜県高山市を経て長野県松本市に至る延長260.6kmの国道158号の福井岐阜両県境5.6kmの道路である。昭和58年度に着工した第一工区2kmの中に、両県にまたがり、延長1076mのトンネルがある。当事務所担当のトンネルでは、国道8号新武生隧道1095mにつぐものである。本年5月に貫通式を迎える、62年中にも供用の予定である。当然、このトンネルにも銘板がなければならない。これについては、福井、岐阜の両県をつなぐということで、御多忙のところ申し訳ないしながら、是非にということで、福井、岐阜両県知事に御揮毫頂くべくお願いをしているところである。年明けにも、坑門上に立派な銘板がはまるることを待ち望んでいる。

銘板には、揮毫者の署名入りもあるが、殆んどは署名なしである。今回、あのトンネルは、あの橋梁は、と銘板揮毫者名を探して苦労したが、実のところトンネル、橋梁等の台帳に、銘板について、揮毫者名、材質、寸法等を記載する欄があればと思った。古いものになると判らなくて、当時手がけた先輩にお尋ねしないと判らないのである。判ったものだけは、台帳備考欄に記載することとしたが、全部判ったわけではない。書いて頂いた方

にはあいすまぬことである。

《かくこと、その3.恥》

さて、この文章も、書き進んできて、その責め、あと数十行をあますばかりとなった。小生のように、「文章を書くことと文字を書くことは恥をかくことみつけたり」という人間にとっては、原稿も、銘板も、気の重いことである。ところが、原稿を頼む人もなかなかうまく話をもっておいでになるので、気の弱い小生などは相手に御迷惑をかけては、と思って、ついつい断わりそびれてしまい、気は進まぬ、筆も進まぬで、結局は編集担当の方に御迷惑をかけてしまうこととなる。どうも銘板も似たようなものである。真面目に練習はするのだが、なかなかこれならと思うような出来栄えのが書けない。「今日迄待ちました。もうこれ以上待てません。」といわれて、やむをえずこれまで一番出来のよいと思えるのを提出する羽目となる。「この中でどれが一番出来がよいでしょうか。」と、どんぐりの背比べの判定を担当者に委ねるのも氣の毒で、自分で選んでいるものの、その選別眼たるや、文字からしても推して知るべしなのである。それにしても、10年前、局の補佐の頃、局長にお願いして、地建の事業概要の題字を書いて頂いたが、昔の人はうまかった、と、こう書いてしまうと、今でもうまい人はうまいのだ、おまえさんがへたなだけだ、とお叱りをうけそうなので、この辺にする。

ところで、最近、文章、文字以外にも恥をかくことができてきた。流行のカラオケなるものである。これこそ同席の方々にも、まわりの人々にも御迷惑をおかけすることになるので、ひたすら御辞退することにしている。自分ではうまいつもりで歌っているのがどれだけ他人の迷惑になり、ゆっくりお酒を飲みたい気分を害しているのか、よくしっているからである。カラオケセットを手に入れて練習をするのも、ある程度基礎のある人が新曲をマスターするためにはよいことであろうが、小生の場合、練習そのものも近所迷惑いや家族迷惑であるようで、救いがなさそうである。



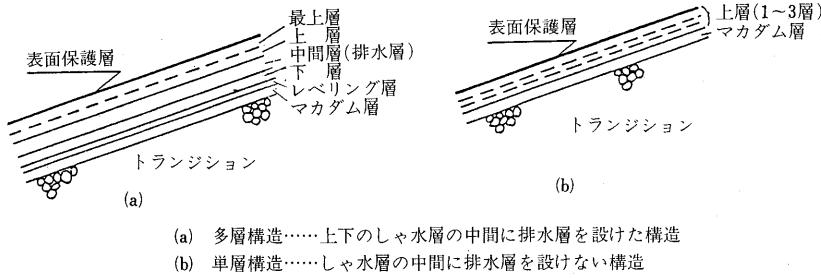
アスファルトフェーシング

ダム、調整池、貯水池等でしゃ水を目的にアスファルト舗装系の材料で堤体被覆を行う舗装の総称をいう。

舗装構造は図-1に示すように多層構造か単層構造に大別されるが、これらは池の諸元や利水容量等をもとに構造解析を行って決められている。

一方、しゃ水用アスファルト混合物は、「土地改良事業設計基準第3部設計、第14編、水利アスファルト工前編」(農林省農地局、昭和42年2月)を参考に、透水係数、空げき率、たわみ性、耐はく離性、斜面流動特性等を重視した配合設計がなされている。

(小島逸平 熊谷道路(株)技術研究所)



(a) 多層構造……上下のしゃ水層の中間に排水層を設けた構造
(b) 単層構造……しゃ水層の中間に排水層を設けない構造

図-1 アスファルトフェーシングの断面構成例

表-1 アスファルトフェーシングの構成

名 称	機 能	使用材料例	土研調査による範囲
トランジション	・基礎として必要な支持力(変形に対する抵抗性の補強) ・排水性 　・平坦性 　・凍上に対する防止層	ズリ 切込碎石 粒調碎石	15~150 cm
除草措置	・除草、殺草	塩素酸ソーダ系プロマシル系	4~5 g/m ²
プライムコート	・トランジションの安定 ・トランジションとアスファルトコンクリートの接着	アスファルト乳剤 カットバックアスファルト 特殊カットバックアスファルト	1.5~3.5 l/m ²
マカダム層	・トランジションとアスファルトコンクリートの結合	粗粒アスコン(Δs 量3~6%)	4~8 cm
レベリン グ 層	・不陸整正層 ・しゃ水層を充分締固めるために必要な転圧基盤	粗粒度アスコン (Δs 量5~7%)	8~10 cm 4~6 cm
タックコート	・上下層のアスファルトコンクリート層の接着	アスファルト乳剤	0.5~1.5 l/m ²
下 層	・上層を透過して中間排水層に浸水した水を、ダム本体に浸透させない 　・ダム本体からの浸透水を防ぐ	密粒度アスコン (Δs 量8~10%)	4~6 cm
中間排水層	・上層からの漏水を速やかに排水し、漏水をコントロールする	開粒度アスコン(Δs 量3~5%)	5~8 cm
上 層 最上層	・しゃ水、安定性、耐久性	密粒度アスコン (Δs 量8~10%)	4~6 cm 2~3層
表 面 補 強 層	・施工上あるいは構造上の弱点となり易い部分(例えば勾配の変わる法尻部や曲面部)の補強	上層、最上層に同じ	5 cm
表 面 保 護 層	・劣化防止 ・着氷からのしゃ水保護	アスファルトマスチック 特殊アスファルト乳剤 特殊アスファルト 樹脂アスファルト	アスファルトマスチック5.0 mm 特殊アスファルト乳剤2 l/m ² 樹脂アスファルト1.5 l/m ²

アスファルト中のワックス分

原油や石油製品中に含まれるワックスは、一般に結晶性パラフィン系物質の総称で、常温では固体であるが、40~90°C位で容易に溶解し、低い溶融粘度を示す。また石油中のワックスの分子量や分子構造はさまざままで、融点や結晶性、結晶の硬さ、あるいはアスファルトへの溶解性等もそれぞれ異なる。

石油系ワックスは、パラフィンワックスとマイクロクリスタリンワックスに大別されるが、前者は炭素数20~35のノルマルパラフィンが主成分で、軽質の潤滑油留出分に多く含まれ、蠟燭の原料に用いられるものである。後者は炭素数40~60のイソパラフィンやシクロパラフィンが主成分で、アスファルト等の減圧蒸留残油や重質留出油中に多く含まれる。パラフィンワックスよりも融点や溶融粘度が高く、接着性、柔軟性に富み、優れた電気特性を示す。

アスファルト中のワックスは、比較的分子量が大きく融点の高いパラフィンワックスとマイクロワックスの混合物で、その融点は大半が針入度の測定温度である25°Cと軟化点温度の間に存在するため、特にワックス分の多いアスファルトでは、その性状値に影響を与えることもある。しかし、ワックス分とアスファルト舗装性能の関係については明確でなく、アスファルトの品質規格に採用しているのは、ドイツの2.0%以下(DIN法)、フランスの4.5%以下(LCPC法)等の極く一部の国に限られている。

ワックス分の測定方法にはいろいろあり、また測定方法により、求められるワックスの質や量も異なるため、ワックス分を議論するさいには、その測定方法を明確にしておく必要がある。主な測定法には、DIN 52015に代表される分解蒸留法と、活性白土を用いる抽出法があ

る。この両方法の概要を図-1に示す。

蒸留法は、ホルデ法(Holde's method)とも呼ばれ、アスファルトを常圧、高温下で蒸留し、その留出油分をエチルエーテル-エチルアルコール混合溶剤に溶解し、-20°Cに冷却して、析出するパラフィン分をろ別するもので、この方法では、蒸留時に熱分解を伴うので、パラフィン分の絶対量ではなく、相対量を比較するものと考えられる。一方、抽出法は、アスファルトに活性白土を混合し、これを溶剤で、ソックスレー抽出する。アスファルト中のアスファルテン、レジン分は白土に吸着し除去される。この抽出油を冷却し、パラフィン分を結晶させ、ろ別する。この方法でも、吸着用白土に、高融点のワックス分が残留する。

分解蒸留法(DIN法)と抽出法(Krom法)によるワックス分の測定値の関係を図-2に示す。

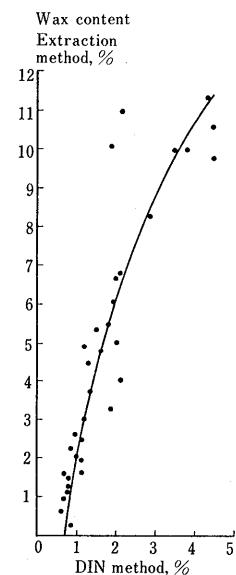


図-2 蒸留法(DIN)と抽出法のワックス分の関係

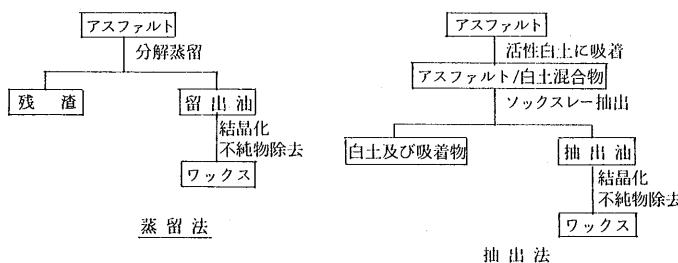


図-1 ワックス分測定概略図

[井町弘光 昭和シェル石油(株)中央研究所]

協会だより

弊協会では、各種の委員会で、さまざまな事業活動を展開しているが、そのうちの一つである調査委員会で、このほど今年度の活動状況について中間報告が取りまとめられた。

道路用アス需要は舗装事業費の動向が鍵

道路投資額（総額）と道路用アスファルト需要量との間には、従来より一定の相関が有ると言われてきたが、ここ最近の傾向では、必ずしもそうとは言えなくなってきたとされている。

そして、同委員会では、これらに関する事実関係を明確にし、その要因分析を行った。

その結果、次のように要点を解説している。

1. 道路投資額（総額）単位当たりの道路用アスファルト需要量は概して、年々減少傾向にあることがわかった。

（図-1参照）

2. 道路投資額（総額）中の工種別内訳では、舗装事業費（舗装新設+舗装補修）のウェイトが年々減少してきており、これと入れ替わるようにその他事業費（維持・調査等）が、年々増加していることがわかった。

（図-2参照）

3. 舗装事業費単位当たりの道路用アスファルト需要量を見ると、ある一定の相関を持っていることがわかった。

そして結論として、道路投資額（総額）の動向だけでは道路用アスファルトの需要動向を速断するのは適当でなく、舗装事業費をいかに適切につかむかが、道路用アスファルトの需要動向を見定めるうえでもっとも肝要である、と結んでいる。（図-3参照）

プローンアスファルトは建材関係の需要が中心

同じく同委員会で取りまとめられた60年度のプローンアスファルト用途別需要動向によると表-1のとおり需要の中心は、建材・アスファルトルーフィングであり、その他についても従来よりの構成とあまり変わらないとされている。

表-1 プローンアスファルト用途別販売実績

（単位：トン）

用 途	56年度	構成比	57年度	構成比	58年度	構成比	59年度	構成比	60年度	構成比
ターポリン紙	4,006	1.5	3,599	1.3	3,801	1.5	3,426	1.3	9,852	3.8
アスファルト塗料	25,197	9.2	21,903	8.2	13,675	5.4	18,304	6.8	21,387	8.1
鋼管塗覆装	7,629	2.8	6,438	2.4	5,470	2.2	2,432	0.9	2,748	1.1
建材・アスファルトルーフィング	214,024	77.8	220,213	82.0	215,774	85.4	235,935	87.5	214,647	81.7
道 路	8,650	3.1	5,622	2.1	4,402	1.7	3,936	1.5	4,781	1.8
そ の 他	15,607	5.7	10,892	4.1	9,515	3.8	5,602	2.1	9,155	3.5
合 計	275,113	100.0	268,667	100.0	252,637	100.0	269,635	100.0	262,570	100.0

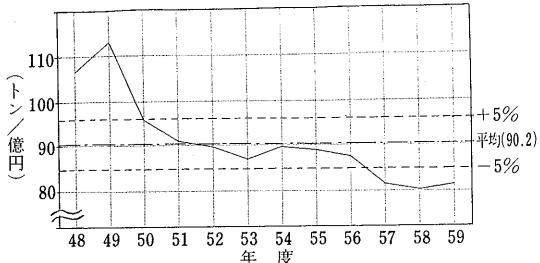


図-1 道路投資額単位当たり道路用アスファルト需要量

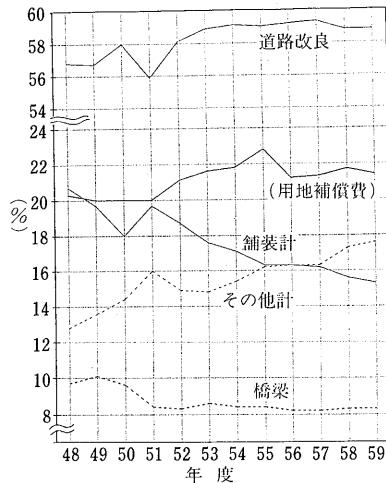


図-2 道路投資額工種別内訳構成比

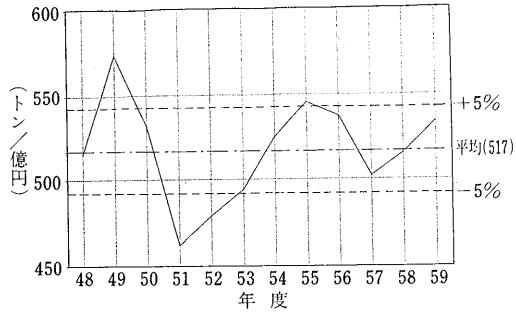


図-3 舗装事業費単位当たり道路用アスファルト需要量

〈石油アスファルト需給統計資料〉その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

(単位:千t)

項目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
52 年 度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53 年 度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54 年 度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
56年度上期	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
57 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57年度上期	226	2,158	(95.8)	0	2,384	2,103	(94.9)	8	2,111	240	2,351
57年度下期	240	2,466	(104.8)	0	2,706	2,471	(105.3)	10	2,481	213	2,694
58 年 度	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,574	(100.3)	18	4,592	213	4,805
58年度上期	213	2,392	(111.1)	0	2,605	2,357	(110.7)	3	2,360	241	2,601
58年度下期	241	2,555	(103.6)	0	2,796	2,564	(103.8)	1	2,565	226	2,791
59 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59年度上期	226	2,541	(106.4)	0	2,767	2,516	(106.7)	0	2,517	252	2,769
59年度下期	252	2,694	(105.4)	0	2,946	2,705	(105.5)	0	2,705	240	2,945
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
4～6月	240	1,145	(92.5)	0	1,385	1,066	(91.4)	0	1,066	316	2,047
7月	316	409	(95.2)	0	725	454	(100.5)	0	454	269	723
8月	269	449	(103.6)	0	718	424	(97.5)	0	424	293	717
9月	293	397	(90.0)	0	690	394	(84.0)	0	394	294	688
7～9月	316	1,255	(96.3)	0	1,571	1,272	(93.8)	0	1,272	294	1,566
60年度上期	240	2,400	(94.5)	0	2,640	2,338	(92.9)	0	2,338	294	2,632
10月	294	425	(94.1)	0	719	447	(92.2)	0	447	270	717
11月	270	462	(94.9)	0	732	482	(94.6)	0	482	248	730
12月	248	472	(91.8)	0	720	484	(94.6)	0	484	233	717
10～12月	294	1,358	(93.4)	0	1,652	1,413	(93.8)	0	1,413	233	1,646
61. 1月	233	342	(103.1)	0	575	301	(105.3)	0	301	273	574
2月	273	363	(96.5)	0	636	360	(105.0)	0	360	274	634
3月	274	566	(106.2)	0	840	622	(109.1)	0	622	215	837
1～3月	233	1,271	(102.4)	0	1,504	1,283	(107.0)	0	1,283	215	1,498
60年度下期	294	2,629	(97.6)	0	2,923	2,696	(99.7)	0	2,696	215	2,911
60 年 度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,034	(92.2)	0	5,034	215	5,249
61. 4月	215	481	(115.6)	0	696	440	(112.5)	0	440	254	694
5月	254	398	(103.6)	0	652	355	(108.9)	0	355	295	650
6月	294	353	(102.0)	0	647	386	(110.6)	0	386	259	645
4～6月	215	1,232	(107.6)	0	1,447	1,181	(110.8)	0	1,181	259	1,440
7月	259	431	(96.0)	0	690	422	(93.0)	0	422	266	688
8月	266	487	(108.5)	0	753	466	(109.9)	0	466	286	752

(注) (1) 通産省エネルギー統計月報 61年8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

石油アスファルト需給実績（総括表）

(単位:千t)

項目 年 度	内 需 量				対 前 年 度 比							
	ストレート・アスファルト		燃焼用 アスファルト	プローン アスファルト	合 計	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスファルト	プローン アスファルト		
	道路用	工業用				道 路 用	工 業 用	合 計				
52年 度	4,242	235	4,477	—	288	4,765	116.9	112.4	116.6	—	109.1	116.1
53年 度	4,638	267	4,905	—	313	5,218	109.3	113.6	109.6	—	108.7	109.5
54年 度	4,620	175	4,795	—	343	5,138	99.6	65.5	97.8	—	109.6	98.5
55年 度	4,233	183	4,416	—	287	4,703	91.6	104.6	92.1	—	91.5	91.5
56年度上期	1,977	103	2,080	—	135	2,215	94.2	118.4	95.2	—	98.5	95.4
56年度下期	2,105	99	2,204	4	139	2,347	98.6	103.1	99.0	—	92.7	98.6
56年 度	4,082	202	4,284	4	274	4,562	96.4	110.4	97.0	—	95.5	97.0
57年度上期	1,838	96	1,934	45	124	2,103	93.0	93.2	93.0	—	91.1	94.9
57年度下期	2,105	88	2,193	142	136	2,471	100.0	88.9	99.5	355.0	97.1	105.3
57年 度	3,943	184	4,127	187	260	4,574	96.6	91.1	96.3	467.5	94.2	100.3
58年度上期	1,917	83	2,000	236	121	2,357	104.3	86.5	103.4	524.4	98.4	110.7
58年度下期	2,033	94	2,127	304	133	2,564	96.6	106.8	97.0	214.1	98.5	103.8
58年 度	3,950	177	4,127	540	254	4,921	100.2	96.2	100.0	288.8	98.4	107.6
59年度上期	1,915	79	1,994	403	119	2,516	99.9	95.2	99.7	170.8	101.7	106.7
59年度下期	2,084	83	2,167	403	135	2,705	102.5	88.3	101.9	132.6	101.5	105.5
59年 度	3,999	162	4,161	806	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.3	100.0	106.1
4~6月	798	33	831	181	54	1,066	90.4	88.2	90.2	97.0	91.9	91.4
7月	356	12	368	68	18	454	99.0	84.8	98.1	113.2	101.4	100.5
8月	320	12	332	72	20	424	97.7	96.1	99.4	97.2	95.0	97.5
9月	293	15	308	67	20	394	83.2	110.2	84.3	80.2	94.7	84.0
7~9月	969	39	1,008	207	58	1,272	93.2	94.6	93.9	95.6	96.8	93.8
60年度上期	1,767	72	1,839	388	112	2,338	92.3	91.1	92.2	96.3	94.1	92.9
10月	350	12	362	60	25	447	89.7	76.4	89.2	111.0	101.6	92.2
11月	375	11	386	72	24	482	90.9	65.8	90.0	127.3	99.9	94.6
12月	350	13	363	100	22	485	88.7	117.0	89.6	120.8	91.9	94.7
10~12月	1,075	36	1,111	231	71	1,413	89.8	82.6	89.6	119.9	97.8	93.8
61. 1月	173	10	183	97	21	301	96.6	71.1	94.8	137.2	94.7	105.2
2月	234	11	245	94	21	360	96.3	91.7	96.1	140.3	100.0	105.0
3月	492	10	502	100	20	622	105.8	71.4	104.8	138.9	105.3	109.1
1~3月	899	31	930	291	62	1,283	101.4	77.5	100.3	138.6	100.0	107.0
60年度下期	1,974	67	2,041	522	133	2,696	94.7	80.7	94.2	129.5	98.5	99.7
60年 度	3,741	139	3,881	910	245	5,034	93.5	85.8	93.2	112.9	96.5	96.4
61. 4月	318	9	327	95	18	440	105.3	75.0	104.1	161.0	100.0	112.5
5月	252	6	258	79	18	355	105.9	66.7	104.5	131.7	94.7	108.9
6月	292	8	300	68	18	386	113.6	66.7	111.5	107.9	105.9	110.6
4~6月	862	23	885	242	54	1,181	108.2	69.7	106.6	133.0	100.0	110.8
7月	315	7	322	81	19	422	88.5	58.3	87.5	119.1	105.0	93.0
8月	335	9	344	103	19	466	104.7	75.0	103.3	143.0	95.0	109.9

[注] (1) 通産省エネルギー統計月報 61年8月確報

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

(3) 道路用ストレート・アスファルト=内需量合計-(プローンアスファルト+燃焼用アスファルト+工業用ストレート・アスファルト)

(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

重交通道路の舗装用アスファルト 「セミブローンアスファルト」の開発

B5版・132ページ・実費頒価 3000円(送料実費)

当協会において、昭和50年の研究着手以来、銳意検討されてきた重交通道路の舗装用アスファルトについての研究の集大成です。本レポートが、アスファルト舗装の耐流動対策の一助となれば幸いです。

目	次
1. 研究の概要	4.4 高速曲げ試験
1.1 文献調査	4.5 水浸マーシャル安定度試験
1.2 室内試験	4.6 試験結果のまとめ
1.3 試験舗装	4.7 品質規格の設定
1.4 研究成果	5. 試験舗装による検討
2. 舗装の破損の原因と対策	5.1 概説
2.1 アスファルト舗装の破損の分類	5.2 実施要領
2.2 ひびわれ(Cracking)	5.3 施工箇所と舗装構成
2.3 わだち掘れ(Rutting)	5.4 追跡調査の方法
3. セミブローンアスファルトの開発	5.5 使用アスファルトの性状
3.1 概説	5.6 アスファルト混合物の性状
3.2 市販ストレートアスファルトの60°C粘度調査	5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状
3.3 製造方法の比較	5.8 第3次試験舗装の供用性
3.4 セミブローンアスファルトの試作	5.9 アンケート調査
3.5 試作アスファルトの特徴	5.10 試験舗装のまとめ
3.6 60°C粘度と他の物理性状の関係	6. むすび
3.7 薄膜加熱による性状変化	資料
4. セミブローンアスファルトを用いた混合物の性状	1. セミブローンアスファルトの規格(案)
4.1 概説	2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法
4.2 マーシャル安定度試験	2.2 60°C粘度試験の共通試験
4.3 ホイールトラッキング試験	3. 舗装用セミブローンアスファルトの舗装施工基準

日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978. 石油アスファルト絶対粘度試験方法

Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt

- | | |
|--------------|--|
| 1. 適用範囲 | 5-1-1. 粘度計校正用標準液による方法 |
| 2. 試験方法の概要 | 5-1-2. 標準減圧毛管粘度計による方法 |
| 3. 用語の意味 | 6. 試料の準備 |
| 3-1. 絶対粘度 | 7. 操作 |
| 3-2. ニュートン流体 | 8. 計算および報告 |
| 4. 装置 | 9. 精度 |
| 4-1. 粘度計 | 9-1. くり返し精度 |
| 4-2. 温度計 | 9-2. 再現性 |
| 4-3. 恒温そう | 中 |
| 4-4. 減圧装置 | 中 |
| 4-5. 秒時計 | 実費頒価 400円 |
| 5. 校正 | 申込先 社団法人 日本アスファルト協会
東京都港区虎ノ門2丁目6番7号 |
| 5-1. 粘度計の校正 | 〒105 電話 (03)502-3956 |

石油アスファルト統計月報

B5：16ページ ¥500（送料は実費）毎月25日発行

アスファルトに関する統計

資料を網羅し、月毎に発行する統計月報です。

広くご利用いただけるよう編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
和孝第10ビル

日本アスファルト協会
アスファルト統計月報係

—目 次—

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

コスモ石油の アスファルト



特約店

梅本石油株式会社

本 社 電話 03-269-7541(代)

大 阪 営 業 所 電話 06-394-2441

北 九 州 出 張 所 電話 093-511-6141

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	(105) 東京都港区芝浦1-1-1	03(798)3400
エッソ石油株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03(584)6211
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
海南石油精製株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03(580)3571
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(241)8631
コスモ石油株式会社	(105) 東京都港区芝浦1-1-1	03(798)3200
共同石油株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03(593)6055
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
三菱石油株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-2-4	03(595)7069
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)4691
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4-1-34	03(505)8528
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(502)1111
三共油化工業株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-2	03(284)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
昭和シェル石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03(580)0111
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03(215)1645
東亜燃料工業株式会社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03(286)5111
東北石油株式会社	(985) 宮城県仙台市港5-1-1	02236(3)1111

〔ディーラー〕

● 北海道

アサヒレキセイ(㈱)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通り西10-4	011(281)3906	コスモ
中西瀝青(㈱)札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011(231)2895	日石
㈱南部商会札幌営業所	(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	コスモ
東光商事(㈱)札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011(241)1561	三石
㈱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
鳴井石油株式会社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011(518)2771	コスモ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社	名	住 所	電 話
● 東 北			
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 コスモ
木 煙 商 會	仙 台 営 業 所	(980) 宮城県仙台市中央 2-1-17	0222 (22) 9203 共石
カ メ イ 株 式 会 社		(980) 宮城県仙台市国分町 3-1-18	0222 (64) 6111 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 澄 青	仙 台 営 業 所	(980) 宮城県仙台市中央 2-1-30	0222 (23) 4866 日石
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 產 業	新 潟 営 業 所	(950) 新潟市東大通 1-4-2	0252 (46) 2770 昭和シェル
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 コスモ
朝 日 產 業	株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋茅場町 2-7-9	03 (669) 7878 コスモ
アスファルト	産 業 株 式 会 社	(104) 東京都中央区八丁堀 4-11-2	03 (553) 3001 昭和シェル
富 土 興 産	アスファルト 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町 2-4-3	03 (580) 5211 富士興
富 士 鉱 油	株 式 会 社	(105) 東京都港区新橋 4-26-5	03 (432) 2891 コスモ
富 士 石 油	販 売 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋 2-13-12	03 (274) 2061 共石
富 士 油 業	仙 京 支 店	(106) 東京都港区西麻布 1-8-7	03 (478) 3501 富士興
パシフィック	石 油 商 事 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋蛎殻町 1-17-2	03 (661) 4951 モービル
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) 埼玉県浦和市岸町 4-26-19	0488 (22) 0161
株 式 会 社	木 煙 商 會	(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 エ ネ ル ギ	一 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区神田錦町 3-7-1	03 (293) 4111 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 產	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 澄 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 會	(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 昭和シェル
日 東 商 事	株 式 会 社	(170) 東京都豊島区巣鴨 3-39-4	03 (915) 7151 昭和シェル
瀬 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	(105) 東京都港区芝 5-29-20	03 (798) 5311 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 (345) 8205 三石
三 德 商 事	仙 京 支 店	(101) 東京都千代田区神田紺屋町 11	03 (254) 9291 昭和シェル
仙 澤 田 商 行	東 京 支 店	(104) 東京都中央区入船 1-7-2	03 (551) 7131 コスモ
新 日 本 商 事	株 式 会 社	(101) 東京都千代田区神田錦町 2-5	03 (294) 3961 昭和シェル
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 產 業	株 式 会 社	(101) 東京都千代田区鍛冶町 1-5-5	03 (251) 0185 昭和シェル
東 光 商 事	株 式 会 社	(104) 東京都中央区京橋 1-5-12	03 (274) 2751 三石
株 式 会 社	ト 一 ア ス	(160) 東京都新宿区西新宿 2-7-1	03 (342) 6391 共石

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-13-4	03 (591) 3401 富士興
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 富士興
東新瀬青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-5	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 コスモ
東和産業株式会社	(174) 東京都板橋区坂下3-29-11	03 (968) 3101 三共油化
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区揚場町9	03 (269) 7541 コスモ
ユニ石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田東紺屋町30	03 (256) 3441 昭和シェル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6411 昭和シェル
● 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 コスモ
丸福石油産業株式会社	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860 昭和シェル
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡2-1-27	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
中西瀬青(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)静岡営業所	(420) 静岡市紺屋町11-12	0542 (55) 2588 昭和シェル
三徳商事(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781 昭和シェル
株式会社 三油商會	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721 コスモ
株式会社 澤田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7151 コスモ
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 富士興
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2-4-26	0766 (22) 1565 昭和シェル
株式会社 田中石油店	(910) 福井県福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721 昭和シェル
富安産業株式会社	(930-11) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298 昭和シェル
● 近畿		
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市大淀区中津3-10-4	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 コスモ
千代田瀬青株式会社	(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) 兵庫県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 富士興
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2771 昭和シェル
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1-43	06 (252) 5856 富士興
木曾通産(株)大阪支店	(550) 大阪市西区九条南4-11-12	06 (581) 7216 コスモ
株式会社 松宮物産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	07492 (3) 1608 昭和シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073 コスモ
株式会社 ナカムラ	(670) 兵庫県姫路市国府寺町甲14	0792 (85) 2551 共石
中西瀬青(株)大阪営業所	(532) 大阪市北区西天満3-11-17	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 菱芳磁産	(671-11) 兵庫県姫路市広畠区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 共石
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551 昭和シェル
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
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 昭和シェル

社団法人 日本アスファルト協会会員

社	名	住 所	電 話
横田瀝青興業株式会社	(672) 兵庫県姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555	共 石
アサヒレキセイ(㈱)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6262	コスモ
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稻荷町6539	08368 (3) 3210	昭和シェル
共和産業株式会社	(700) 岡山県岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500	共 石
信和興業株式会社	(700) 岡山県岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691	三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051	0864 (73) 0350	富士興
● 四国・九州			
アサヒレキセイ(㈱)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7436	コスモ
畑礦油株式会社	(804) 北九州市戸畠区牧山新町1-40	093 (871) 3625	コスモ
平和石油(㈱)高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255	昭和シェル
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111	共 石
伊藤忠燃料(㈱)福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3877	共 石
株式会社カクンダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111	昭和シェル
丸菱株式会社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561	昭和シェル
中西瀝青(㈱)福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881	日 石
㈱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津町家中3-1	08773 (3) 1001	三 石
菱油販売(㈱)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	富士興
サンヨウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615	富士興

編集顧問

多田宏行
萩原 浩
松野三朗

委員長：安座上陽三 副委員長：真柴和昌
阿部忠行 井町弘光 真山治信 服部亮二
荒井孝雄 太田健二 白神健児 林誠之
安崎 裕 河野 宏 戸田 透 藤井治芳
飯島 尚 小島逸平 南雲貞夫

編集委員

アスファルト 第150号

昭和62年1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. 29 No. 150 JANUARY 1987

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION