

アスファルト

第26巻 第138号 昭和58年12月発行

138

特集・舗装の摩耗

冬期の舗装摩耗にかかわる諸問題	和田 惇	1
冬期交通の実態	矢野 善章	8
舗装の摩耗実態	飯島 尚	13
舗装摩耗に関する研究状況	久保 宏・熊谷 茂樹	21
積雪寒冷地域における舗装の摩耗対策	藤城 泰行	31

アスファルト舗装技術研究グループ・第15回研究報告 39

セッションII：検 証 田井 文夫 40

〈用語の解説〉 最適アスファルト量 小島 逸平 49

有効アスファルト量

針入度指数 (PI)

井町 弘光 50

スティフネス (stiffness)

統計資料・石油アスファルト需給統計資料 52

第48回アスファルトゼミナール開催案内 (59・2・3 福岡市) 巻頭

ASPHALT

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

第48回 アスファルトゼミナール開催のご案内

主 催：社団法人 日本アスファルト協会

協 賛：社団法人 日本アスファルト乳剤協会

後 援：(社) 日本道路建設業協会九州支部

アスファルト合材九州連絡協議会

福岡市舗装協会

開催月日 昭和59年2月3日(金) 9:50~16:30

開催場所 福岡市 大手門会館大ホール

(福岡市中央区大手門3-3-3 TEL. 092-713-5500)

1. 挨拶
日本アスファルト協会会長 玉河 哲夫 9:50~9:55
日本アスファルト協会名誉会長 谷藤 正三 9:55~10:10
建設省 九州地方建設局長 西原 巧 10:10~10:15
福岡県 土木部長 田中 美三 10:15~10:20
2. 道路整備の動向
建設省道路局 道路経済調査室長 藤井 治芳 10:20~11:00
3. 最近の石油情勢と今後の課題
三菱石油㈱社長付 経済法学博士 牛島 俊明 11:00~12:00
〔昼食休憩 12:00~13:10〕
4. 九州地方における道路整備の動向
建設省九州地方建設局 道路部長 山本 茂樹 13:10~14:10
〔休憩 10分〕
5. 舗装および舗装材料の技術的問題点
建設省土木研究所舗装研究室 主任研究員 小島 逸平 14:20~15:20
6. アスファルト乳剤による表面処理の適用性
長崎県土木部道路維持課 舗装係長 山田 福市 15:20~16:20

(申込方法などは次ページをごらん下さい)

◎ 受 講 料

3,000円（途中入退場の別なし）当日「受付」までご持参下さい。

◎ 参加申込方法

ハガキにて下記のとおり記入し郵送のこと。

- (1) 48ゼミナール参加申込
- (2) 参加者の受付区分（別項A～Fのうち該当するものを必ず記入）
- (3) 参加者の勤務先と住所
- (4) 参加者の氏名（同じ所属にて3名以上申込みの場合は参加代表者氏名と合計数記入）

◎ 参加申込先 〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7（和孝第10ビル）

日本アスファルト協会 48ゼミ係（電話 03-502-3956）

◎ 参加申込期限 昭和59年1月20日まで到着のこと（電話にてでも受付けます）

◎ 注 意 事 項

- (1) 参加を申込まれた方へは特に通知を差し上げませんので、当日会場「受付」までご来場下さい。

当日の「受付」は下記の区分になっております。

A＝建設省、道路公団等の公団、公社

B＝都道府県庁、市（町村）役所

C＝「後援」団体会員会社

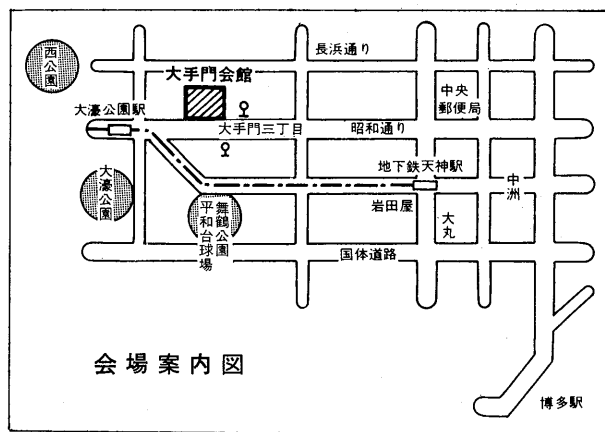
D＝道路建設業等の民間会社（上記C以外）

E＝学校関係およびA～DおよびFに該当しない方

F＝本協会々員会社

- (2) テキストは配布しますが、昼食の支給はありません。

- (3) 受付は午前9時10分～9時40分までにお願いします。



交通：博多駅より地下鉄大濠公園駅下車（4番出口）1分

冬期の舗装摩耗にかかわる諸問題

和田 惇*

1. はじめに

積雪寒冷地域において、冬期間、自動車の氷結路面等のすべり止め用として使用されているスパイクタイヤは、わが国に導入されて以来、急速な普及をみせ、それにつれ、舗装の摩耗が著しくなり、道路の維持管理上大きな課題となってきた。さらに、区画線等の消失やわだち掘れによる走行安定性上の問題など、交通安全面における影響も懸念されている。また、近年、札幌や仙台などの都市部などにおいて、粉じん等による環境への影響が大きな問題となってきた。

欧米においては、すでに、道路損耗による補修費の財政問題とわだちによる交通障害などの理由から、何らかのスパイクタイヤの規制を実施している国が多く、わが国のような環境問題としての議論は諸外国にその例は少ない。スパイクタイヤの装着率も、年々高くなってきており、早急に問題の実態を解明し、適切な対応策が望まれている。

ここでは、スパイクタイヤによる舗装の摩耗実態、対策のすすんでいる諸外国の状況など、スパイクタイヤ問題を考え、解決していくための手助けとなると思われるデータを紹介してみたい。紹介にあたっては、多くの先人が収集した貴重なデータや関係機関の資料の中から、選んだもので、紙面の都合等から、十分意を尽せぬ点をお許しいただきたい。なお、ここで示す見解等については、筆者個人のものであることをお断りしておく。

2. スパイクタイヤ問題の経緯

わが国で、冬期間における自動車交通が本格化したのは、昭和20年代後半で、この頃から昭和35年頃まで、雪氷路面のすべり止め装置としてタイヤチェーンが使用され、その後昭和40年中頃までは、スノータイヤ、または、タイヤチェーンが主流を占めていた。その後、スパイクタイヤが急速に普及し、昭和45年、北海道では、乗用車の約50%がスパイクを装着するようになった。

一方、これを、スパイクタイヤの販売本数でみると、45年に約80万本、50年には200万本、57年には、430万本と推定されている。このため、スパイクの装着率（小型車）も55年および57年冬期の調査によると、北海道、東北北部の地域ではほぼ100%を示し、東南北部山地部、中部内陸などで80%以上を示している。¹⁾

この状況のもとで、56年度における一般国道直轄管理区間のアスファルト舗装の摩耗調査結果によると、一冬の平均摩耗量の平均値は3.2mm、最大摩耗量の平均値は6.1mmとなっており、道路管理上大きな問題となっている。

スパイクタイヤの普及に伴って昭和50年代に入る頃から舗装の摩耗が目立つようになったが、スパイクタイヤ問題が一般的に議論されたのは、北海道において舗装摩耗、粉じん問題が議論されるようになった昭和52年頃からである。

民間の動きとしては、北海道地区において、55年にスパイクタイヤ問題研究会が組織され、スパイクタイヤ問題に関する提言を行っている。また、56年にスパイクタイヤ車粉実態調査研究会が発足し、健康面における調査を実施している。仙台弁護士会では、環境問題の観点から、スパイクタイヤの法的規制面の検討を行い、57年12月に、スパイクタイヤ公害に関する意見書をまとめている。

地方自治体の動きとしては、56年、仙台市の道路粉じん問題研究会は粉じんによる環境や健康への影響に関する調査を行い、中間報告を出すとともに、57年には道路粉じん対策委員会に組織替えして対策の検討を進めている。58年発足した宮城県スパイクタイヤ問題懇談会は同年9月、提言を発表した。スパイクタイヤ問題は、雪寒地域共通の問題として関心が高まり、58年2月には、道路粉じん問題行政連絡会議（15道県、54市）等が仙台市において開催された。

また、宮城県、新潟県、仙台市、札幌市などでは、公用車のスパイクタイヤ使用の自粛が行われている。昭和57年、札幌市はスパイクタイヤ対策協議会を設置し、昭和58年2月にスパイクタイヤ使用期間制限に関する指

*わだ・じゅん 建設省道路局企画課道路防災対策室長

導基準を定め、58年から、4月20日～11月20日におけるスパイクタイヤの使用制限を指導している。58年10月、宮城県は、前述の提言をうけ、スパイクタイヤ対策推進要綱と推進事業計画をまとめた。要綱では4月1日～11月30日までを使用の自粛期間とし、さらに、県内を4地域に分けて、期間別に使用自粛基準を定めている。

日本自動車タイヤ協会は、57年に、スパイクタイヤ特別委員会を設置し、58年5月1日以降の生産品を対象に、スパイクピンの最大打込本数と最大突出量を規定した自主基準²⁾を設定した。

56年、建設省としても、以前から収集していたスパイクタイヤに関する諸外国の文献集³⁾を出版した。57年にはスパイクタイヤ対策調査特別委員会を設置し、舗装摩耗の実態等の調査を行い、スパイクタイヤの使用の適正化の方向を探ることとし活動中である。

57年、環境庁においても自動車用タイヤによる粉じん等対策調査検討会を発足させている。さらに、58年9月、当面の対策として、スパイクタイヤの使用期間制限（使用自粛の指導）、測定体制の整備等についての通知を各道府県知事あてに出し、スパイクタイヤ問題に関する行政の対応として、第1歩を踏み出した。

58年3月、環境庁、警察庁、通商産業省、運輸省、建設省、自治省の6省庁で構成するスパイクタイヤ問題関係省庁連絡会議を発足させ、緊密な連携を取りつつ対策が進められている。58年度からは、運輸省においてスパイクタイヤの検査に係る技術基準の検討を行っており、さらに、

59年度から、通商産業省において、スパイクタイヤの技術的改善や低公害化に関する研究を行う予定である。

一方、多くの欧米諸国では、スパイクタイヤが普及し始めた早い段階から、道路損傷や交通安全上の問題として規制を実施しており、その後も使用規制に踏み切るか、段階的に規制を強化している国や州が少なくない。これらの国々の規制状況は、気象、道路管理、交通条件や国情等が異なるため、ただちに、わが国に適用することはできないが、今後の対策を検討する上での重要な参考になるものと思われる。

3. スパイクタイヤの問題点

スパイクタイヤが積雪寒冷地域において普及してきた背景には、すべり止め装置とし、チェーンに比べ、耐久性、操縦安定性、着脱性、乗心地等が優れているといわれていることにあるようであるが、反面、道路の損傷等の問題も生じている。

このように、スパイクは多くの分野にわたってプラス効果、マイナス効果が考えられるが、これを整理したものの1例を表-1⁴⁾に示す。

4. スパイクタイヤの概要

4-1 スパイクタイヤの歴史

1950年代、スカンジナビアでダングステンカーバイトの実用性のある木ネジ型のスパイクが出現したが、1960年代に入り、現在、使用されている形式のスパイクが出

表-1 スパイクタイヤのプラス効果とマイナス効果

	プ ラ ス 効 果	マ イ ナ ス 効 果
モビリティ	○モビリティの増大（スノーとスパイクの複合効果） ○雪路走行可（主としてスノータイヤによる効果） ○登坂力の増大 ○長距離輸送に便	
安 全	○曲線部の走行安定性大 ○制動停止距離の短縮（以上いずれも氷結路面で）	○雪路で効果はない ○制動停止距離の増大（湿潤、乾燥路面で） ○ユーザーの過信、錯覚による事故の増大 ○わだちによる走行安定性の低下 ○ハイドロプレーニング、水はねによる事故の発生
	全体としての安全性？	
ユーザーの労力、安心感	○脱着は初冬、春先の2回のみ（チェーンでは面倒） ○安心感が大	
道 路	○氷結路面で維持水準を下げる事が可能（融氷剤不要）	○わだちの発生 ○路面標示の摩耗による安全の低下 ○摩耗による補修費の増大 ○道路の汚れ、清掃費の増大
環 境		○粉じんの発生 ○騒音の発生 ○都市の汚れ
経 済 性	○ユーザー側にとって経済性大	○道路側にとって大きなマイナス
	全体としての経済性？	

現し、ヨーロッパや北米で急速に普及した。しかし、各国とも舗装の摩耗が問題になり、1960年半ばから各種の研究が開始され、スパイクの改良、使用の規制などが行われるようになった。日本においては、昭和38年から輸入品がはじめて市場で販売された。

欧州では、道路損耗軽減のために、スパイクの小型、軽量化が図られてきたが、表-2に示すように、その形状によって第1世代～第4世代に区分されている。わが国は、欧州に比較すると、スパイクは第一世代の段階にあるといわれ、⁵⁾ 装着率が高いわりに使用規制は行われていない現状にある。ワシントン州立大学で実施した実験データによると、第4世代のスパイクは、第2世代に比較し、道路損耗の程度は約 $\frac{1}{2}$ となっている。

4-2 スパイクの構造と種類

スパイクピンの種類を図-1に示す。

スパイクは、大別してピンタイプとマカロニタイプに分けられる。ピンタイプは、おもに小型車用のタイヤに用いられ、マカロニタイプは、大型車用のタイヤに用いられている。また、チップの取り付け方によってロー付けとカシメ(CPタイプ: Controlled Protrusion)に分けられる。ロー付けのチップは、タイヤの摩耗速度に合うように硬度が調整されており、カシメのチップは、タイヤの回転によってシャンクの中にたたき込まれ、つねに一定の突出長さを保持するように設計されている。このような違いから、チップの硬度は、ロー付けは比較的軟らかく、カシメは硬くつくられている。

スパイクタイヤが、凍結路面上で、制動力、駆動力を効果的に発揮するには、その地域の気象、道路条件のもとでタイヤ圧、スパイクの突き出し長さ、チップの径、チップの硬度、打込本数、配列等が関係している。大型車の場合、小型車に比べ制動性能の効果が小さい⁶⁾一方、舗装の摩耗は大型車の場合、スパイクピンの突き出し長さが、乗用車ではフランジ径が影響する。⁶⁾ ラジアルタイヤが舗装への衝撃が小さいといわれ、例えば、9mmのフランジ径のピンで、ラジアルタイヤでの摩耗を100としたとき、バイアスでは200を示し、フランジ径を6mmとするとラジアルでは19となると報告されている。⁴⁾

図-2⁷⁾にラベリング試験機による各種スパイクピンの本数、および、突出量を変えた場合のすりへり量を示す。ここでは、本数を20%、30%減少させると、摩耗量はそれぞれ10%、25%減少し、突出量を1.5mmから1.0mmに、

かつ、フランジ径を10mmから8mmにすると、摩耗量は半分に減少し、マカロニタイプはピンタイプより、ロー付け

表-2 欧州におけるスパイクの変遷

世 代	内 容
第1世代 (1960年代初～1970年代初)	もっぱら氷結路面での性能確保が主体に考えられ、フランジ径10～12mm、重量3～4g程度
第2世代 (1970年代初～中頃)	道路の摩耗が問題視されはじめ、フランジ径を小さくし、突出量も小さくして走行中の路面への圧力を減らし、ピンの重量も軽くして回転衝撃力を小さくするようになってきた。また、コアからのチップの突出量がコントロールできるCPタイプが主流となる。
第3世代 (1970年代初～現代)	欧米において、スパイクタイヤの規制がはじまり、フランジ径、突出量、重量はより小さく、より軽くなってきた。
第4世代 (現代～)	第3世代のスパイクは、舗装摩耗軽減の効果があつたが、長期間使用中にタイヤの中にスパイクが陥没してタイヤを傷める等の問題が残りに、タイヤ面での改良も図られているがスパイクにおいては、フランジ径をやや大きくし、スパイクの材質の改良が考えられている。

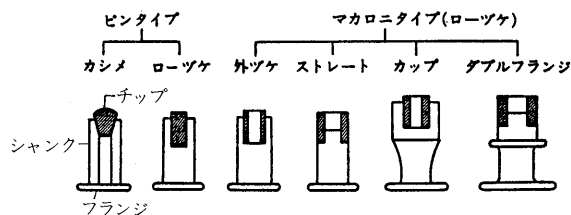


図-1 スパイクの種類

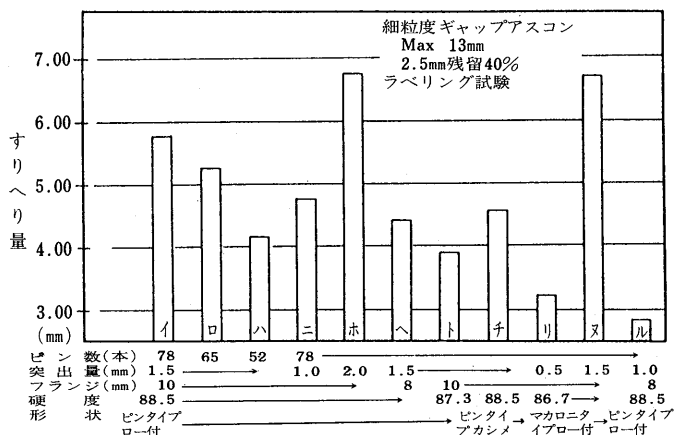


図-2 各種スパイクとすりへり量

けタイプはカシメタイプより摩耗量が大きいことがわかる。

スパイクタイヤの装着によって、数～10dB(A)程度騒音が増大することが報告されており、とくに、わだち部が摩耗し凹凸が大きいときに、騒音が大きく、運転者の疲労が大きいこと、さらに、わだち部を避けて走行するときの事故の発生も指摘されている。⁴⁾

4-3 スパイクタイヤの販売本数

スノータイヤにスパイクを打ち込む作業は、タイヤメーカーで約10%（ほとんどが大形タイヤ）ディーラーで約50%、サブディーラーで約40%と推定されているが、その正確な販売本数の把握は困難である。スパイクピンは大別して、タイヤメーカー指定または認定ピン、スパイクメーカーが独自で販売するピン、輸入ピンの4種に分けられる。

スパイクの国内生産は5社で90%以上を占め、輸入品は数%にすぎないといわれている。昭和57年のわが国に於ける雪路用タイヤの販売本数は、8,643千本で、この50%に当たる430万本位がスパイクタイヤとして販売されているものと推定されている。

4-4 積雪・凍結時の防滑措置

積雪・凍結している道路あるいはそのおそれのある道路においては、すべり止めの措置を講ずることが、道路交通法第71条に基づき都道府県公安委員会が定める道路交通法施行細則、または、道路交通規則で規定されている。この規定において、スパイクタイヤは長野県・広島県以外は明示されていないが、すべり止めの措置として認められている。規定は、県によって異なるため、交通が広域化している現状のもとで、ドライバーにとってもわかりづらいものとなっている。

4-5 スパイクタイヤの改良

スパイクタイヤの改良について、日本自動車タイヤ協会が中心に、スパイクピンの本数、構造等について改良とスパイクレスタイヤの開発に努めている。スパイクタイヤの改良については、昭和57年、第1次自主規制基準を定め、58年5月生産分から全面的に適用しており、さらに、舗装摩耗を30%軽減することを目標とした第2次自主規制基準を設定することになっている。

スパイクレス（スタッドレス）タイヤは、0℃以下の低温でも硬化しにくいゴムを用いて、氷上の微細な凹凸になじむことによって抵抗を得るものであり、氷の温度が-5℃以下では、スパイクタイヤと大差ないが、-5℃～0℃では、20%程度劣るといわれており、今後の研究が望まれている。

さらに、スパイクに代るものとして、各種のチェーン、非金属チェーン等が考案され一部市販されている。

5. スパイクタイヤの防滑性能

5-1 防滑性能

冬期における、自動車の走行にかかわるスパイクタイヤの防滑性能についてとりまとめたものを表-3に示す。さらに、すべり摩擦係数に関する要因を表-4に示す。

5-2 路面状態とすべり摩擦係数

雪氷路面上でのすべり摩擦係数は、雪氷の状況に大きく左右される。また、同じ圧雪でも、その締め方と、タイヤの種類によって、その効き方は異ってくる。すべり摩擦係数は通常、制動時の縦すべり摩擦係数で評価されるが、図-3に土木研究所が測定した各種の雪氷路面状態についての制動時の摩擦係数の範囲を示す。

この図にみられるようにタイヤの種類の検討にあたっ

表-3 防滑装置の性能

項 目	指 標
制 動 性 能	縦すべり摩擦係数
けん引性能	駆動時の摩擦係数
登 坂 性 能	同 上
発進加速性能	同 上
操縦安定性能(旋回)	横すべり摩擦係数

表-4 すべり摩擦抵抗に影響を及ぼす要因

項 目	要 因
路面状況	・通常路面 舗装の種類 乾燥・湿潤 路面温度 ・雪氷路面 雪・氷の性能
タイヤ状況	・タイヤの種類 接地圧、材質、構造、トレッドパターン ・タイヤの摩耗状況 ・すべり止め装置 チェーン、スパイク スパイクの材質、本数、配列
交通状況	・交通量 ・走行速度 ・車 種

ては、地域における路面状態の出現頻度を考慮する必要があると思われる。

縦すべり摩擦係数に関する多くのデータから、次のようにまとめられる。

スチールチェーンは、いずれの路面でもすぐれた効果を発揮し、スパイクタイヤは、圧雪上ではスノータイヤとほぼ同程度の効果を示し、さらに、氷板上では、スノータイヤよりすぐれているが、スチールチェーンよりは劣っている。スノータイヤは、圧雪面でかなりの効果が期待できるが、雪質によって差がある。非金属チェーンは種類による差が大きく、確実性は今一つであるが、ほぼ金属チェーンとスノータイヤの中間に位置している。

さらに、タイヤの優劣を論じるためには、制動時、駆動時の縦すべり摩擦係数のみではなく、操縦安定性にかかわり、障害物回避の際に大きく影響する横すべり摩擦にも注目する必要がある。

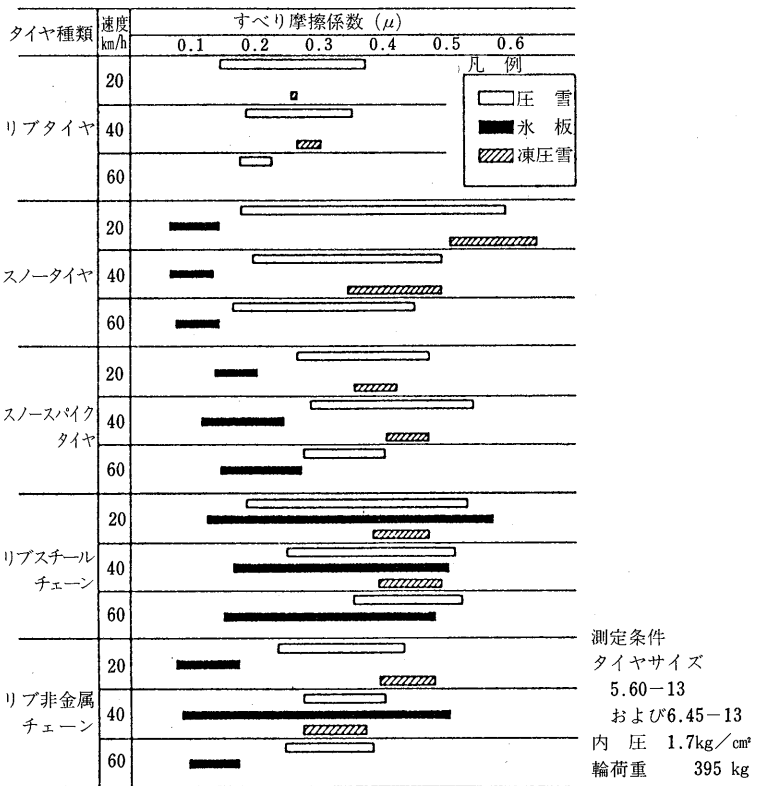
6. 粉じんの実態

6-1 粉じんの種類

一概に、粉じんといっても、スパイクによって舗装を摩耗させて発生するものと、土壌や燃焼等によるものがある。また粉じんは粒径の大きさによって、路上に推積するもの（路上推積物）やこれが車輛や風によって地上に巻きあげられ、飛散し、一部は大気中に浮遊するもの（浮遊粒子状物質、浮遊粉じん）や、再び地上に降下するもの（降下ばいじん）がある。最近、粉じんにかかわる健康影響に関する報告がなされており、今後、さらに、その実態と影響について、調査研究が必要と思われる。

6-2 浮遊粒子状物質

粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子状物質濃度の札幌における測定例を図-4⁸⁾に示すが、冬期には、秋期の1.8~3.8倍の高濃度となっている。D₃とD₄の濃度差の測定位



(注) 本図内に示したすべり摩擦係数は、路面状態を圧雪・氷板・凍圧雪（56年度の硬度 120kg/cm²のデータ）に大別し、昭和41年から昭和57年度まで観測した結果を範囲で示したものである。

図-3 制動時のすべり摩擦係数の範囲

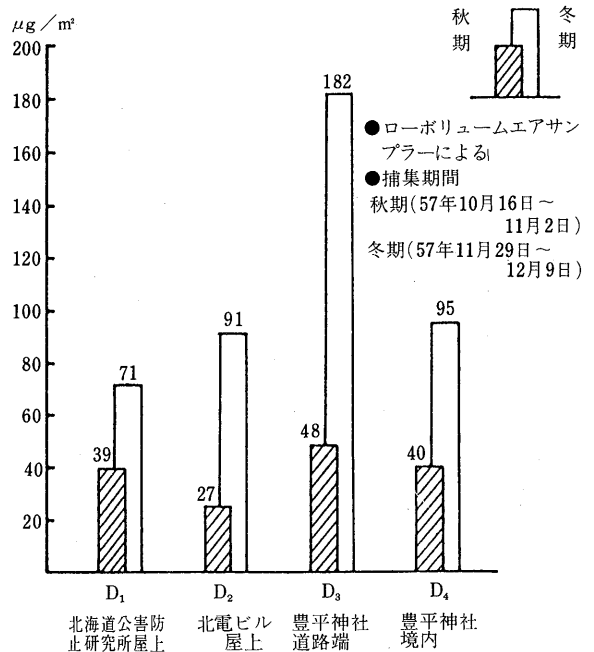


図-4 浮遊粒子状物質濃度

置は約30m離れており冬期の濃度差は道路からの距離に影響するものと推定されている。

6-3 浮遊粉じん濃度

前述の測定箇所、浮遊粉じん濃度を秋期、冬期それぞれ5日間の平均値と比較すると、 D_1 127→220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.7倍)、 D_2 122→449 (3.7倍)、 D_3 256→1010 (3.9倍)、 D_4 104→325 (3.1倍)と各地点で濃度の上昇がみられ、浮遊粒子状物質と似た増加傾向を示している。⁸⁾

6-4 降下ばいじん

冬期における降下ばいじん量は秋期の1.2～2.6倍に増大しており、道路端の D_3 では57.2 $\text{ton}/\text{km}^2/\text{月}$ と非常に高い値となっている。⁸⁾

6-5 清掃と粉じん

仙台市において道路粉じん対策の一つとして、57年12月から58年3月まで、1.2km区間をロードスイーパーによって毎週2回清掃を行ったが、同市宮黒における浮遊粒子状物質濃度の清掃前後の変化を図-5⁹⁾に示した。その月の同時刻の時間別月平均濃度(降水のあった時刻に

は降水日の時間別月平均濃度、降水のなかった時刻には非降水日の時間別月平均濃度)を共に示した。両者を比較すると、清掃後の浮遊粒子状物質濃度は対照の濃度変化とほぼ同じか、むしろ高くなる傾向を示している。

7. 雪寒地域における道路確保状況

雪寒地域の一般道路延長は約42万kmで、全国の38%を占めている。積雪地域内においては除雪作業が実施されているが、除雪率は一般国道で92%、道府県道で78%となっているほか、市町村道では44%程度にとどまっている。

わが国の道路除雪は、昭和30年代に入ってようやくその緒についたにすぎず、その歴史は極めて短く、現在も解決しなければならない多くの課題をかかえており、今後にまつことが多い、また、一概に雪寒地域といっても、地域によって複雑な様相を示し、その対応を困難にしている。

8. 諸外国の規制状況

諸外国において、スパイクタイヤによる舗装の摩耗被害が生じているところでは、何らかの使用規制が行われている。その方法は、期間規制、大型車禁止、スパイクタイヤ装着車の速度制限、スパイクピンの規制、全面禁止などに分類される。これらの方法は、全面禁止の場合を除いて、各規制方法の組み合わせが採用されているのが一般的である。図-6に諸外国の規制状況を示す。

9. おわりに

スパイクタイヤ問題は、狭い国土の中で、高い密度の自動車交通を余儀なくされ、さらに、積雪、寒冷の変化の激しいわが国において、諸外国にはみられない苦しい問題をまき起している。

1個数gr.の小さいピンがもたらす影響は予想以上に複雑で大きい。この問題を解決するためには、さらに調査を進め、実態を明らかにしなければならぬものが多い。そして、良好な道路環境と清潔な都市環境を維持するために、いずれにしても、ドライバーや市民の協力をはじめ、国民全体の理解を必要とするものである。

現在、地方自治体を中心に、地域内状況を考慮し、いろいろの有効な施策が考えられ実施されている。また、各省も鋭意調査、研究を実施中であり、この結果をふまえながら、関係する省庁が緊密な連絡をとりながら、その対策を推進することとしている。

以上、現在議論されている問題点の概要を紹介した。

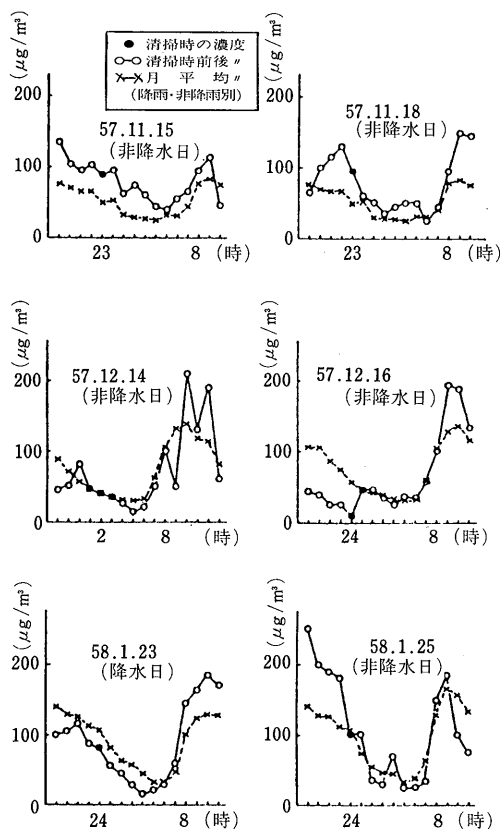


図-5 道路清掃時前後の状況

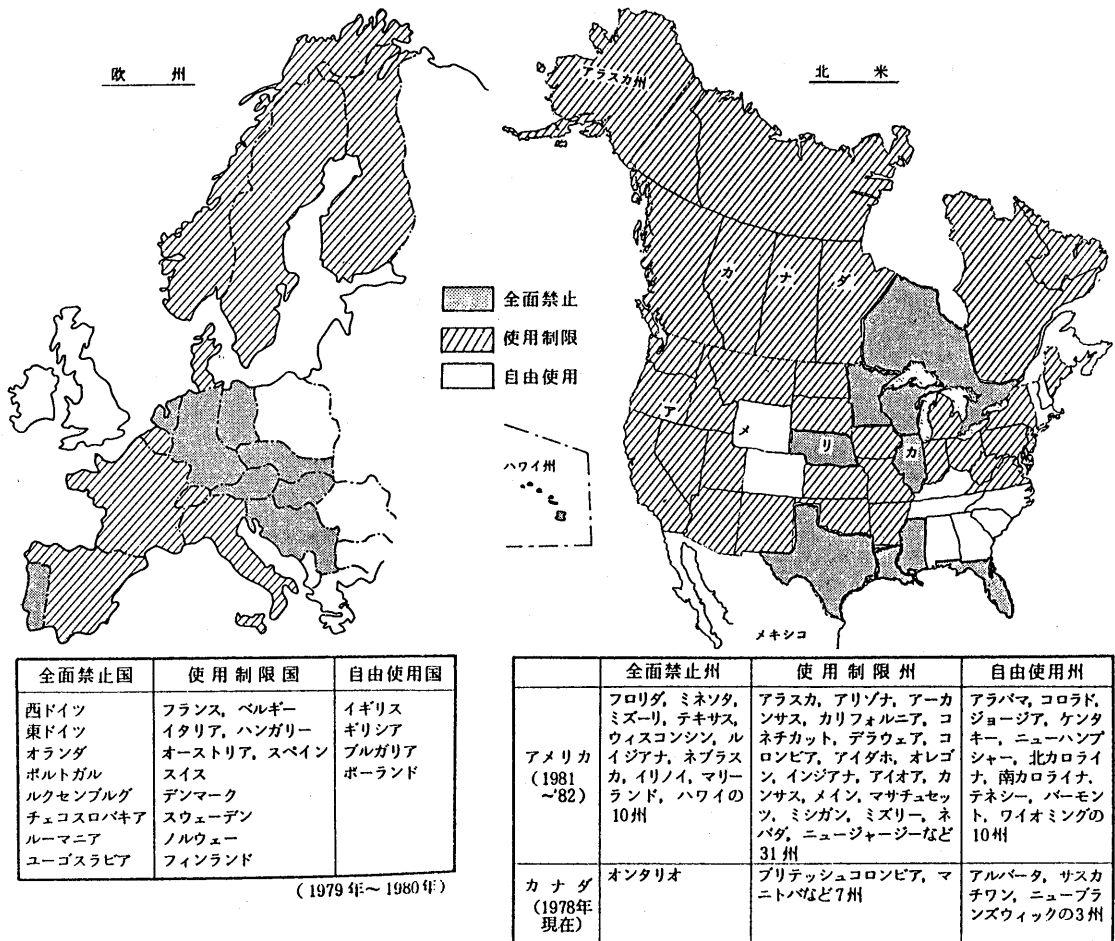


図-6 欧米におけるスパイクタイヤの規制状況

(北海道開発局土木試験所月報1980年7月号及び1982年11月号 久保宏氏報告より)

提言や御意見をいただければ幸いです。

参 考 文 献

- 1) 和田惇, 岩松幸雄, 舟田敏 北陸地方におけるスパイクタイヤ装着率の実態, 第2回北陸道路舗装会議資料 昭和57年6月
- 2) 日本自動車タイヤ協会, みんなで考えようスパイクタイヤ問題 昭和58年7月
- 3) 建設省北陸地方建設局 道路とスパイクタイヤに関する文献抄録 昭和56年8月
- 4) 菅原照雄, 雪国における自動車交通
IATSS review Vol 8, No 5 昭和57年12月
- 5) 計量計画研究所 昭和57年度自動車用タイヤによる粉じん等対策調査報告書 昭和58年3月
- 6) 加来照俊, スパイクタイヤの諸問題
土木技術36巻10号 昭和56年10月
- 7) 久保宏ほか, スパイクピンが舗装に与える影響について 北海道開発局土木試験所月報 No. 359. 1983. 4
- 8) 環境庁大気保全局自動車公害課 昭和57年度スパイクタイヤによる粉じん等実態調査報告書 昭和58年7月
- 9) 宮城県保健環境センター スパイクタイヤ装着地域における道路粉じん実態調査報告書(昭和57年度) 昭和58年5月

冬期交通の実態

矢野善章*

1. はじめに

北海道から山陰の日本海側の地域にかけては、冬季の降雪量が多く気温の低下も甚しい。このような、積雪寒冷の度が特に著しい地域（以下積雪地域という）は、国土面積の6割を占め、総人口の4分の1が居住している。

雪寒地域においては、冬季の道路交通確保は、経済・社会活動上極めて重要かつ欠くべからざるものである。

このため、地域産業の振興と民生の安定に寄与することを目的として「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」（昭和31年）（以下雪寒法という）が制定され、除雪体制の充実強化が図られている。

こうした中、最近スパイクタイヤの普及に伴って生じた、舗装の摩耗、粉塵等のさまざまな問題が注目され、その対策の必要性が叫ばれるようになった。

本稿では、雪寒地域における冬季の道路交通情况、特にスパイクタイヤの使用に焦点をあてて述べることにする。

2. 雪寒地域の道路の概況

(1) 自動車依存度

県庁所在地が雪寒地域内にある道・県における自動車保有台数は約900万台であり、可住地面積当りの保有台数では全国の2分の1であるが、人口当りでは全国（0.33台/人）より大きく（0.36台/人）、雪寒県での自動車の依存度の高さを示している。

(2) 道路延長

雪寒地域の一般道路の延長は約42万kmで全国の38%となっており、面積シェアよりも低く、道路密度も全国平均より低い。また、全国に比較し、県道以上の幹線道路の4車化率も非常に低いものとなっている。

(3) 交通量の季節変動

道路交通量の月変動パターンは、大むね春の訪れとともに上昇し、8月頃最大となり、9月に若干の減少、10月に多少の上昇を示した後、冬季に向けて大きく減少し、

厳寒期の1月に最小となる。東北地方建設局管内の傾向では1月は年平均交通量の80%くらいとなっている。

季節変動は大平洋側と比較すると大きいが、昭和41年度から56年度にかけて次第に小さくなってきている。これは、冬季交通の需要の高まりや道路除雪の結果とみられる。（図-1、2参照）

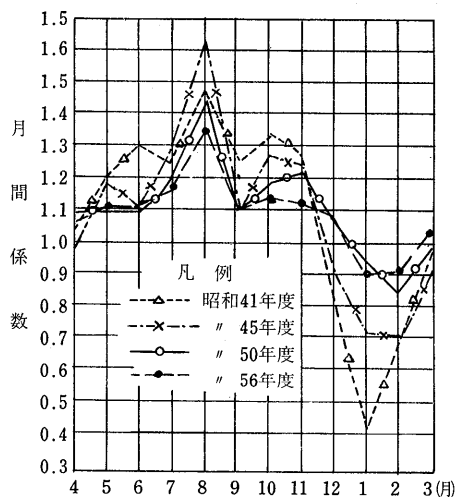


図-1 交通量月変化図（国道17号：新潟県六日町）

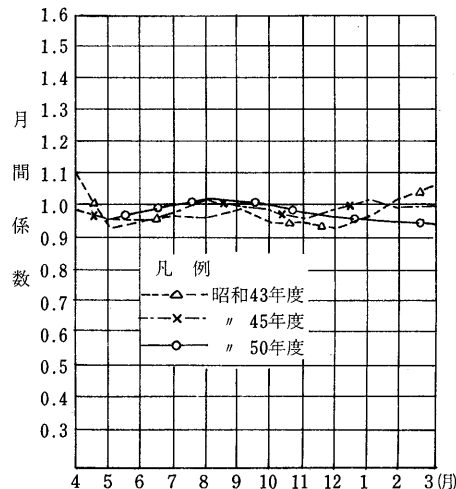


図-2 交通量月変化図（国道1号：静岡県由比）

*やの・よしあき 建設省道路局国道第一課長補佐

秋季と冬季積雪時を比較すると営業用自動車は季節変動がないが、自家用自動車は冬季大幅に減少し、特に、社交・娯楽は約半分に、家事・買物・業務でも減少が大きい。(図-3参照)

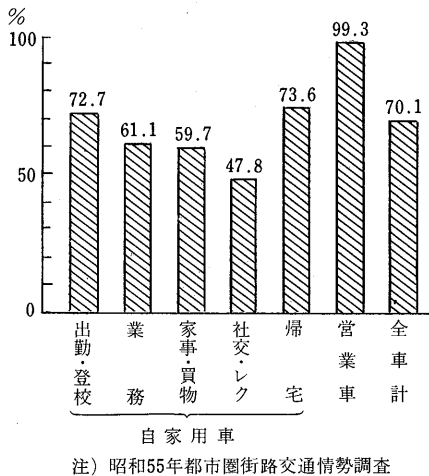


図-3 目的別自動車発生量の秋季に対する冬季の割合

(4) 交通量の経年変化・走行速度

雪寒地域内の道路交通は年々増大しているが、冬季の走行速度は、積雪・凍結等のため夏季に比べて約20%程度低下する。

(5) 交通事故の状況

全国的には、交通事故発生件数、死傷者ともに、昭和45年頃をピークに減少し、昭和50年代に入りほぼ横這い状況にある。

北海道の冬期事故件数も全国の傾向と同様であるが、

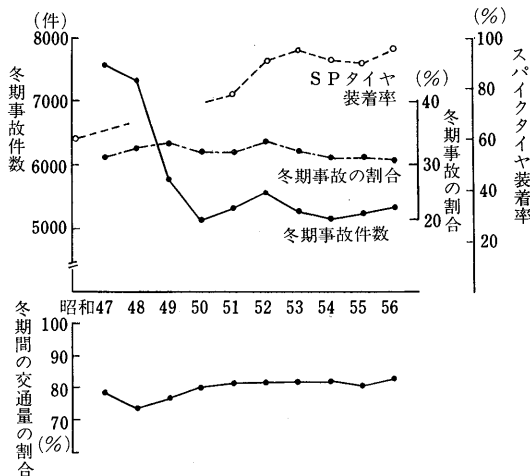
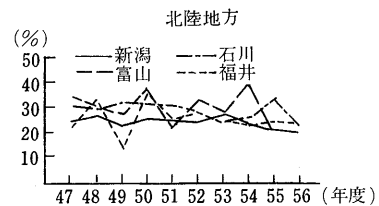
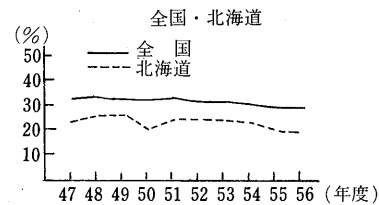


図-4 北海道の冬期間の交通事故状況

図-4でみる限りはスパイクタイヤ装着率との相関関係はみられない。

また、全国の冬期間死者数は年間の30%前後であるが、北海道はそれより低い値となっている。(図-5参照)



冬期間の死者数の割合 (%)

$$= \frac{\text{冬期(12~3月)の死者数}}{\text{年間の死者数}} \times 100$$

図-5 死者数の冬期間の割合の経年変化

月別交通事故内容をみると、冬期間はハンドルブレーキ操作不適當が高い割合となっている。また、事故率は北海道の一般国道では、冬期間12月~2月が高くなっている。(図-6参照)

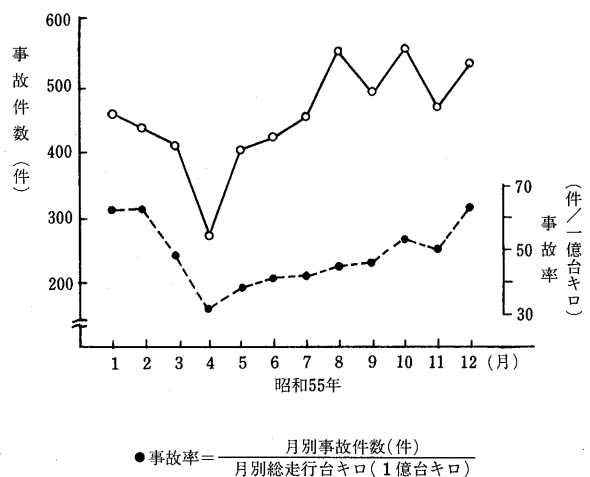


図-6 交通事故の月別変動(北海道・一般国道) 55年

3. 除雪状況

(1) 除雪対策の変遷

わが国の道路除雪の歴史は浅く、昭和31年雪寒法の制定により、昭和32年から雪寒事業としての道路除雪が、北海道の直轄区間2000kmではじまった。

その後同法に基づく雪寒五箇年計画に沿って、除雪対象路線が順次拡大されてきたが、昭和38年1月に北陸地方を襲った“38豪雪”では、北陸地方全域にわたって交通が途絶し、大きな混乱が生じた。

これを契機に、冬期間の道路交通の確保の重要性が再認識され、除雪体制の強化、除雪機械の整備が図られ、除雪対策は大きく進展をみた。(図-7参照)

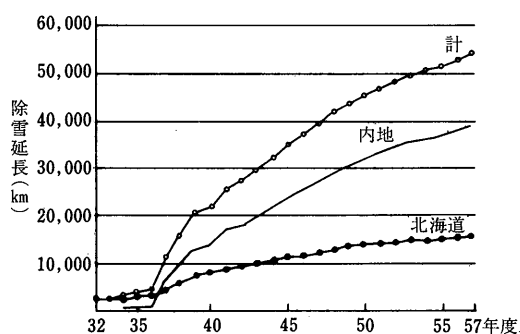


図-7 除雪延長の推移(一般国道・道府県道)

(2) 除雪延長

積雪地域内における除雪率は一般国道で92%、道府県道で78%となっているほか市町村道では44%程度に達している。

しかし、道府県道以上で原則として2車線を確保する1種、2種の除雪路線の延長は、除雪延長の70%程度、積雪地域内の道路延長に対しては60%弱にとどまっている現状にある。

また、異常豪雪時においてとりあえず確保すべき路線(緊急確保路線)として指定されているものは、地方単独除雪分を除くと、除雪延長の64%となっている。(表-1参照)

表-1 除雪計画延長

(単位: km)

	積雪地域内 道路延長	除雪延長	1種			緊急確保 路線延長
			1種	2種	3種	
一般国道	9,899	9,657	7,156	1,919	582	9,643
補助	9,400	8,175	5,552	1,750	8873	7,350
道府県道	45,229	35,442	9,865	10,761	14,816	16,994
合計	64,528	53,274	(42.4)	(27.1)	(30.5)	(63.8)
			22,573	14,430	16,271	33,987

(注) 1. 昭和57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(%)

(3) 除雪作業の現状

除雪作業には、①積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平整、④路上や路側の雪を他に運搬除去する運搬排雪、⑤雪底の排除や路側の高い雪堤を低くする雪底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、除雪作業を一層複雑なものとしている。

除雪作業は種々の要因に適宜対応しながら進めており、機械除雪が主体となっている。

除雪作業を円滑に実施するため、交通に与える影響等を考慮し、交通確保の目標、すなわち除雪目標を定め、これを達成するために必要な組織、人員配置、除雪工法、機械配置を定め、除雪作業を実施している。

(4) 雪寒地域の路面状況

雪寒地域における冬期間の路面状況は、気象状況等によって大きく変化する。主に東北・北陸地建管内の除雪基地において、調査期間の毎日、1日2回(朝夕)、調査地点の道路延長約100m区間を目視で観測した路面状況調査(56.11.1~57.3.31)結果は、無雪(乾燥、湿潤)、水べた雪、新雪、圧雪、氷膜の6分類に整理されている。

路面状況の6分類のうち、無雪(乾燥・湿潤)路面以外の路面状況が出現した日数の調査期間日数に対する割合を積雪路面率とすると、積雪路面率が最も高いと思われる1月の全国の積雪路面の分布状況の概要は図-8のとおりである。ただし、ここでは直轄管理の一般国道について示してあり、除雪体制の異なる他の種別の道路では積雪路面率は一般にこれより高いものと考えられる。なお、この調査を行った昭和56年度は少雪年であった。

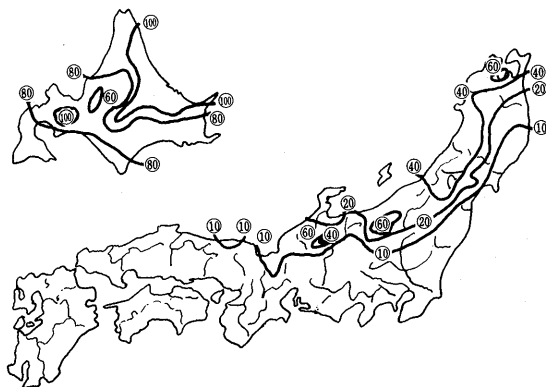


図-8 積雪路面率の分布状況概要図

(5) 冬期交通確保上の課題

55年12月から56年3月にかけて北陸地方を中心に、大豪雪に見舞われたが、幹線道路については、道路の整備、雪害事業の推進及び除雪体制の充実により、おおむね道路交通は確保され、日常生活、産業活動の大混乱は回避された。

しかし、豪雪時の緊急体制として、とりえず交通を確保すべき緊急確保路線 36,000kmのうち、最大時では、490 kmが通行止めとなった。

また都市部では、細街路まで除雪の手がまわらず、消防、医療等の諸活動に支障を生じた。

山地部では、雪崩あるいは多雪のため除雪ができず不通となり、30日間以上孤立した集落は 300 集落、5,000 世帯にもなっている。

まだまだ除雪体制の整備拡充が重要な課題となっている。

4. スパイクタイヤの使用状況

(1) 積雪・凍結時の防滑措置

積雪・凍結している道路あるいはそのおそれのある道路においては、すべり止めの措置を講ずることが、道路交通法第71条に基づき都道府県公安委員会が定める道路交通法施行細則、または道路交通規則に規定されている。

この規定においてスパイクタイヤという言葉が使用されているのは長野県・広島県のみであるが、他県においてもすべり止め措置の一つと認められているようである。

スパイクタイヤ以外の防滑措置としては、タイヤに着脱するものとして金属チェーン、非金属チェーン、ネット等、タイヤそのものとしては、スノータイヤ、スパイクレスタイヤがある。

(例) 長野県道路交通法施行細則

積雪又は凍結している道路において自動車（二輪を除く）を運転するときは、タイヤ・チェーン又はスパイク・タイヤその他の防滑タイヤを用いる等すべり止めの措置を講ずること。この場合、タイヤ・チェーンを用いるときは両側の後輪、スパイク・タイヤその他の防滑タイヤを用いるときは全輪とすること。

(2) スパイクタイヤ販売本数

わが国における雪路用タイヤの販売本数は、昭和57年で8,643千本、スパイクの年間需要本数は約4億本と推定される。仮にスパイクタイヤに100本のスパイクが打込まれるとすると、スパイク4億本は、タイヤ400万本に打ち込み可能な本数である。雪路用タイヤ860万本の約50%がスパイクタイヤとして販売されているものと推定さ

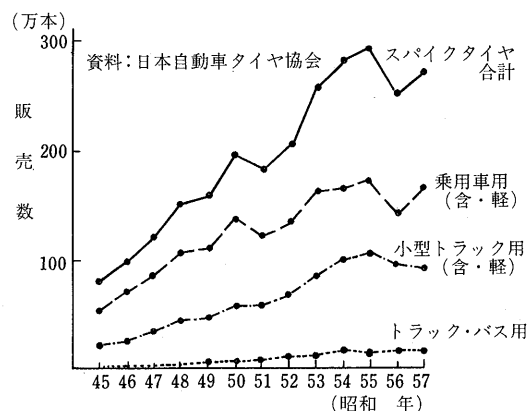


図-9 スパイクタイヤの販売本数（補修用）

れる。

図-9はタイヤメーカーが販売した補修用のスノータイヤ、スパイクタイヤの数量の変遷を示しているが、スパイクピンの打込み作業がサブディーラー段階で実施されることも多く、スパイクタイヤの実際の販売本数はこれよりも多い。

また、自動車（四輪）保有台数に対する年間の補修用のスノータイヤの販売本数を補修用購入率とすると、北海道が多く、続いて東北・北陸となっている。

(3) スパイクタイヤ装着率

①全国

主として雪寒地域の一般国道指定区間および高速自動車国道において実施されたスパイクタイヤ装着率調査によると、装着率が最も高い月は2月である。

また、2月におけるスパイクタイヤ装着率20%以上の

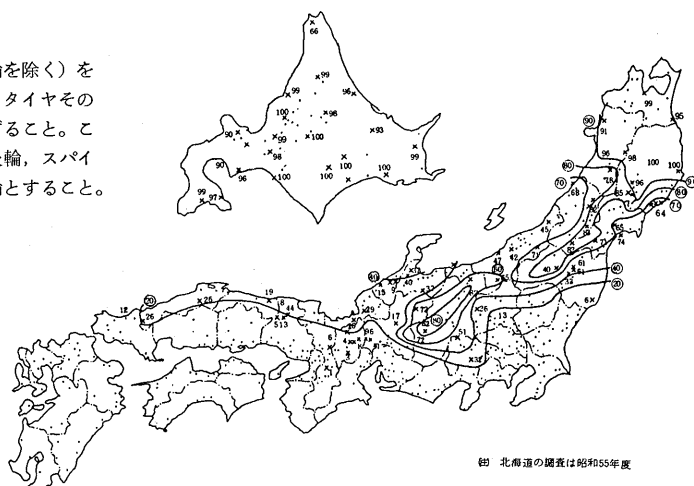


図-10 スパイクタイヤ装着率分布状況概要図(小型車、調査:57年2月)

地域はおおむね雪寒地域と一致している。また、北海道はほぼ100%となっているほか、東北北部、東南北部の山地部、長野において80%以上と高い装着率となっている。(図-10参照)

②札幌市

札幌市内7地点(道路2地点、駐車場5地点)のスパイクタイヤ装着状況調査結果によると、スパイクタイヤのはきははじめ、11月の中旬から下旬にかけてであり、急激に装着率が上昇している。昭和57年度においては、札幌では10月中旬に初雪をみたものの積雪はなく、11月24日に初めて7cmの積雪を記録し、11月24日から25日に

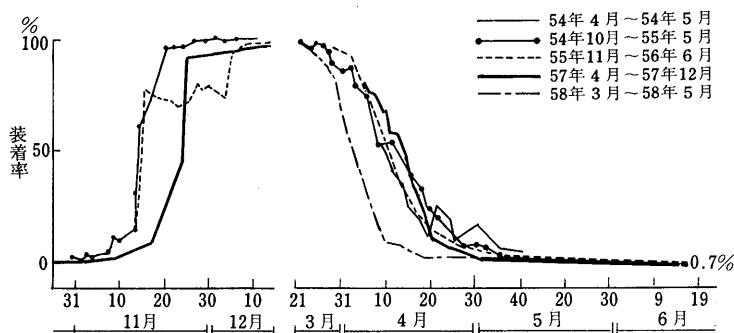


図-11 スパイクタイヤ装着状況(札幌市内7地点の平均)

かけてスパークタイヤ装着率は一気に90%台にまではね上がっている。

このように、スパイクタイヤのはきははじめの時期は、顕著に気象変化に対応していると考えられる。(図-11参照)

(4) スパイクタイヤ装着率に関する要因分析の例

北海道開発局において、昭和54年11月から、翌年6月まで(1,2月は除く)の6カ月にわたり、道内21カ所の一般国道でスパイクタイヤ装着状況を調査し、装着時期と夏タイヤへのはきかえ時期に関する要因分析を行っている。

① 装置時期に関する相関分析

装着率に影響を及ぼすと考えられる気象要因を取り上げ、それらと装置率との相関分析を行った結果から、次の結果を導いている。

イ. 乗用車および小型車の装着率と最もも相関の高い気象要因は冬日日数(10月1日からの累計日数)であり、相関係数は0.60程度であった。各地点における乗用車および小型車の装着率と冬日日数との関係をみると、冬日が20日を超えると装着率は80%以上となり、冬日日数が15日以下では地点によって装着率に大きな違いがみられる。

ロ. 大型車の装着率と気象要因では真冬日日数との相関係数0.31がもっとも大きな値であるが、この程度の値では相関があるとはいい難い。このように大型車の装着率と気象要因との相関の低い理由としては、車種によるトリップ長の違いがあげられる。昭和52年度OD調査による乗用車、小型車の平均トリップ長は10km程度、大型車では25kmとなっており、大型車のトリップ長が乗用車、小型車と比較して大きい調査地点の気象要因のみでは説明できないように思われる。

② 交換時期に関する相関分析

スパイクタイヤを脱ぐ時期に影響を及ぼすと考えられる気象要因を取りあげ、それらと装着率との相関分析を行った結果から、次の結果を導いている。

イ. 乗用車および小型車の装着率と相関の高い気象要因は無降雪日数(3月1日からの累計日数)であり、相関係数は-0.80前後であった。ここで各地点における乗用車および小型車の装着率と無降雪日数との関係をみると、無降雪日が25~35日程度で装着率は90~50%、同様に無降雪日数が40~50日程度で装着率は20%以下になっている

ことがわかる。このように交換時期においては装着率と無降雪日数との間に高い相関が認められるが、装着時期にみられた地域による装着率の違いは、ここでは認められない。

ロ. 大型車の装着率と相関の高い気象要因は無降雪日数の相関係数が-0.64、次いで非冬日日数の-0.47となっている。これを乗用車および小型車と比較すると要因の順位は同じであるが、それぞれの要因とも相関係数が0.15程度低くなっている。これは装着時期と同様に大型車のトリップ長に起因するものと考えられる。

5. おわりに

今後とも雪寒地域における自動車交通の重要性を認識し、これにこたえる道路づくり、ならびに除雪等の管理体制の充実強化を図るとともに、スパイクタイヤ対策の検討とその着実な実行を図る必要がある。

舗装の摩耗実態

飯 島 尚*

1. 舗装の技術的指針の変遷

わが国の道路は、実延長が約112万kmに達しており、
舗装延長は約54万km

(舗装率約48%)とな
っている。

舗装延長のうち、セ
メントコンクリート舗
装は約3.5万km(舗装
延長の約6.5%)であ
り、他は全てアスファ
ルト系の舗装となっ
ている(昭和56年4月1
日現在)。

このように、わが国
の舗装の大部分を占め
ているアスファルト舗
装の設計・施工には、
日本道路協会から発行
されている、アスファ
ルト舗装要綱等が技術
基準として適用されて
いる。

アスファルト舗装要
綱は、昭和36年に発行
された第1版を基礎に、
その後の経験、研究の
成果、時代のすう勢に
対応しながら逐次これ
を改訂しながら現在に
至っている。このうち、
耐摩耗性舗装について
の技術的対応は主とし
て表層・基層用混合物
の改善によって行われ

てきており、その概要を表-1に示す。

ちなみに、昭和30年代から40年代は、タイヤチェーン

表-1 アスファルト舗装要綱(表層・基層)の変遷

改訂年		表 層 基 層 混 合 物 の 種 類						
				一 般		積 雪		
53	基 層		① 粗 粒 度 (20)		① 粗 粒 度 (20)			
	表 層		② 密 粒 (20,13)		⑤ 密 粒 (20F, 13F)			
			③ 細 粒 (13)		⑥ 細粒ギャップ (13F)			
			④ 密粒度ギャップ (13)		⑦ 細 粒 (13F)			
	摩 耗 層	耐 摩 耗			⑧ 密粒ギャップ (13F)			
すべり止		⑨ 開 粒 度 (13)		⑥ 細粒ギャップ (13F)				
50	基 層		① 粗 粒 (20)		① 粗 粒 (20F)			
	表 層		② 密 粒 (20)		⑥ 細粒ギャップ (20F)			
			③ 密 粒 (13)		⑦ 密 粒 (13F)			
			④ 細 粒 (13)		⑧ 細粒ギャップ (13F)			
			⑤ ^o 密粒ギャップ (13)		⑨ 細 粒 (13F)			
					⑩ ^o 密粒ギャップ (13F)			
	摩 耗 層	耐 摩 耗			⑧ 細粒ギャップ (13F)			
			⑪ 開 粒 (13)		⑨ 細 粒 (13F)			
		⑤ 密粒ギャップ		⑩ 密粒ギャップ (13F)				
⑤ ^o ⑩ ^o すべり止を兼ねる ③ ^{oo} 摩耗層を設ける場合								
42	基 層		粗 粒		粗 粒			
	表 層		密 粒		密 粒			
			修 正 ト ベ カ		修 正 ト ベ カ			
				耐摩耗トベカ アスモル (特殊対策)				
36			① 粗 粒		気象、交通、路床路盤条件、地域 経済性を考慮して選定する。			
			② 密 粒					
			③ 修 正 ト ベ カ					
			④ ト ベ カ					
			⑤ シートアスファルト					
		①		②		③	④	⑤
	用 途	表・基	基	表	表・基	表	表	表
厚 さ	2.5／5	4／7.5	2.5／5	4／6.5	2.5／5	2.5／5	1.5／2.5	
As 量%	4.5／7.5	同 左	4.5／7.5	同 左	6.0／8.5	7.0／9.5	9.5／12.0	

*いいじま・たかし 建設省土木研究所舗装研究室長

による摩耗が中心であったが、50年代からはスパイクタイヤによる摩耗が顕著になってきており、現在では主としてスパイクタイヤによる摩耗に対する検討が中心になっている。

アスファルト舗装要綱における表層・基層の耐摩耗対策に関する変遷をみるとおおよ次のようになる。

- (1) 昭和36年版では、シートアスファルトの安定性を改善したトベカ混合物を示した。
- (2) 昭和42年版では、耐摩耗トベカを規定し、石粉を除く2.5mmふるい通過量を55～87%にし、モルタルの強化を図った。
- (3) 昭和50年版では、表層の上に2～3cmの加熱アスファルト混合物による摩耗層を設ける設計方法を示した。
- (4) 昭和53年版では、耐摩耗対策工法として、ギャップ粒度による混合物や、改質アスファルトの使用等の方法を示した。さらに、シュミレーション試験として、ラベリング試験方法とその目標値を示した。

2. 摩耗の実態

2-1 一般国道（直轄管理区間）における調査結果

一般国道直轄管理区間におけるアスファルト舗装の摩耗調査結果（昭和56年度）を表-2に示す。

ここで、摩耗量は、車道の横断形状図よりプランメータで一車線当りの摩耗断面積を求め、これを車線巾員で除した値を平均摩耗量、施工直後の路面よりの下がりで最大値を示す値を最大摩耗量としている。

これより、冬期間1シーズンの平均摩耗量は3.4mmとなっている。一方、最大摩耗量の平均値は6.0mmである。

各地域によってバラツキがあるのは、地域差、混合物

表-2 舗装の摩耗量（単位：mm）

地 区	工区数	路 面 形 状							
		一冬凹凸		一年凹凸		二冬凹凸		二年凹凸	
		平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大
北海道	30	3.0	5.1	0.8	1.1	3.2	4.8	0.8	1.1
		3.0	5.1	3.8	6.2	7.0	11.0	7.8	12.1
東 北	103	2.9	6.2	0.7	1.2	1.4	2.9	0.6	0.9
		2.9	6.2	3.6	7.4	5.0	10.3	5.6	11.2
北 陸	27	4.3	6.8	3.7	4.6	1.7	1.7	1.6	2.3
		4.3	6.8	8.0	11.4	9.7	13.1	11.3	15.4

註 1. 建設省技術管理業務連絡会舗装部会摩耗分科会資料より。

2. 上段は、冬期間、夏期間の摩耗量を示す。

3. 下段は累積摩耗量を示す。

4. 摘要欄は冬期間のみの摩耗量の二冬分の合計を示す。

5. 冬期間とはおおむね11月～3月を指す。

の種類の差、交通条件等の違いによる影響と推定される。そこで、各地域別の最大摩耗量と累積大型車交通量の関係を図-1～4に示す。

累積大型車交通量が100万台／一車線当たりの最大摩耗量を各図の回帰直線から求めると、各地域の平均値は、

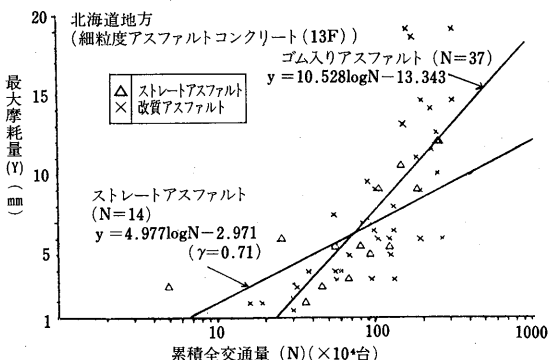


図-1 累積全交通量と摩耗量の関係

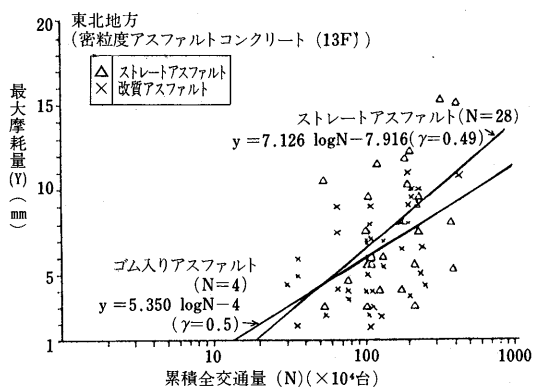


図-2 累積全交通量と摩耗量の関係

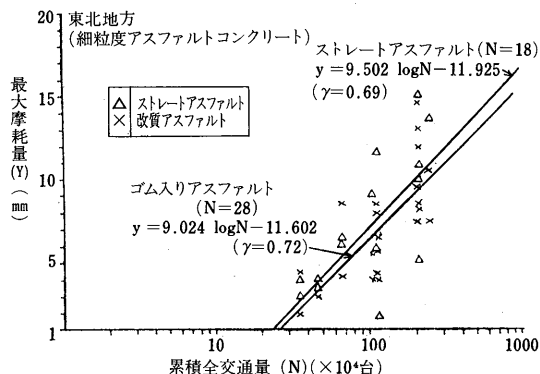


図-3 累積全交通量と摩耗量の関係

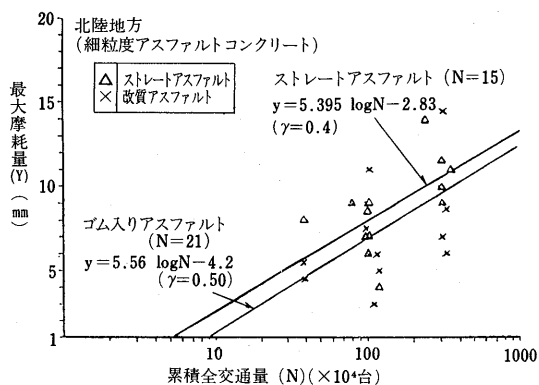


図-4 累積全交通量と摩耗量の関係

ストレートアスファルト区間では 7.3 ± 0.4 mm, ゴム入りアスファルト区間で 6.8 ± 0.7 mm となり, 改質アスファルトの効果が若干かがえるといえよう。一方, 平均摩耗量はこれらの値の $\frac{1}{2}$ 程度が推定できる。

一方, コンクリート舗装の摩耗量の調査結果を表-3に示す。3地区の摩耗量を1年経過後で比較すると, コンクリート舗装:アスファルト舗装 = 2.7 mm : 8.5 mm と

なり, 約3倍強の比率になるといえる。

表-3 コンクリート舗装の摩耗

地域	路線	舗装 種別	横断凹凸量 (mm)			交通量	比 較
			S56.10	S57.5	S57.0		
岩手	4	Co.	2.5	2.9	3.6	10,747	Co. As. 3.3:9.9 = 1:2.8
		As.	1.2	6.3	9.9		
山形	13	Co.	1.8	2.2	2.4	2,108	Co. As. 2.4:4.8 = 1:2
		As.	2.7	3.3	4.8		
酒田	47	Co.	2.1	2.1	2.2	8,868	Co. As. 2.2:10.7 = 1:4.9
		As.	4.6	8.1	10.7		

注) 交通量は55年センサスより57年を推定。
Asの混合物は◎細粒度GストAs。

平均 Co As
1 : 3.2

2-2 道県道における調査結果

昭和52年~同54年において, 積雪寒冷地域における道県の主として道県道を対象とした舗装の摩耗実態調査結果を表-4に示す。

ここで, 摩耗量は基準線からの下がりを道路の横断方向に10cmピッチで読み取り, 横断形状図を作成する。平均摩耗量は, 3つの横断形状図の基準線からの下がりの平均値として示しており, 最大摩耗量は, 3断面の下が

表-4 摩耗実態調査の結果

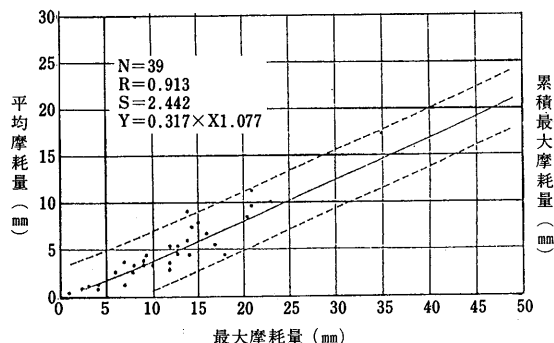
特 性			調 査 個 所 数 (n)	最 大 値 (max)	最 小 値 (min)	平 均 値 ($\bar{x}$)	不 偏 分 散 の 平 方 根 ($\sqrt{V}$)
項 目							
調 査 期 間 (日)			82	191.0	75.0	120.34	0.134
気 温 (℃)	最 低	74	0.9	-20.0	-9.41	-0.490	
	最 高	74	27.5	2.3	14.59	0.368	
	平 均	74	9.2	-4.9	1.29	2.482	
路 面 露 出 日 数 (日)			70	90.0	23.0	72.38	0.207
消 雪 パイプ 使用 日 数 (日)			10	38.0	7.0	24.60	0.352
凍 結 指 数 (℃・日)			74	461.0	0.0	83.19	1.307
車 線 数			84	3.0	1.0	1.54	0.368
交 通 量 (台/日・方向)	秋 期	全交通	77	14,136.0	401.0	4,917.42	0.600
		大型車	77	2,630.0	15.5	648.18	0.784
	冬 期	全交通	78	12,068.0	322.0	4,062.26	0.634
		大型車	78	2,752.0	14.5	519.06	0.974
通 過 輪 数 (輪/日・方向)	秋 期	全交通	69	29,284.0	765.5	9,866.88	0.615
		大型車	69	6,310.0	36.5	1,596.50	0.828
	冬 期	全交通	73	25,196.0	659.0	8,486.97	0.627
		大型車	73	6,547.0	34.0	1,273.28	0.962
タイヤ種別 構 成 比 率 (%)	全 交 通 量	S N	71	98.9	0.0	39.19	0.635
		S P	71	95.1	0.0	46.69	0.640
		N O	71	48.1	0.0	7.29	1.611
		T C	71	57.5	0.0	7.44	1.554
	大 型 車 交 通	S N	69	100.0	0.0	52.69	0.526
		S P	69	93.4	0.0	28.18	1.004
		N O	69	52.5	0.0	9.27	1.552
		T C	69	67.0	0.0	9.98	1.589
摩 耗 量 (mm)	最 大	80	20.0	1.0	6.67	0.580	
	平 均	80	11.9	0.4	2.54	0.793	

りのうちの最大のものとしている。

これより次の傾向が明らかである。

冬期間（平均 120 日間）の舗装の平均摩耗量は 0.4～11.9mm の範囲にあり、その平均値は 2.5 mm である。一方、最大摩耗量は 1.0～20.0mm の範囲にあり、その平均値は 6.7 mm である。

また、平均摩耗量と最大摩耗量の間には、図－5 に示すような相関があり、前者は後者の 1/2.5 倍に相当する。



図－5 最大摩耗量と平均摩耗量の関係

スパイクタイヤの装着率は、地域によって差はあるが、全国平均でみると、全交通量の約 47.0%，大型車交通量の約 28.0% 程度である。

摩耗量に關係する交通量等の外的要因としては、冬期間の累積全交通量、スパイクタイヤ装着車の累積交通量が大きく影響しているので、摩耗量の予測には、これらの交通量を精度良く計ることが重要である。今回の調査では、積雪降雪日および路面露出日におけるスパイクタイヤ装着車の累積交通量を指標した予測式が最も精度が

表－5 摩耗推定式一覧表

No.	$Y = A_0 + A_1 \cdot X_1 + A_2 \log X_j$	R
1	$Y = -40.566 + 0.041 \cdot X_1 + 8.194 \log X_7$	0.713
2	$Y = -30.493 + 0.044 \cdot X_1 + 6.774 \log X_{19}$	0.712
3	$Y = -30.690 + 0.092 \cdot X_3 + 9.247 \log X_4$	0.707
4	$Y = -40.762 + 0.071 \cdot X_3 + 8.718 \log X_7$	0.718
5	$Y = -37.915 + 0.082 \cdot X_3 + 8.402 \log X_{15}$	0.731

X_1 : 冬期間の日数 (日)

X_3 : 積雪、降雪日数 (日)

X_4 : 全交通量 ($\Sigma \log$ 台/日・方向)

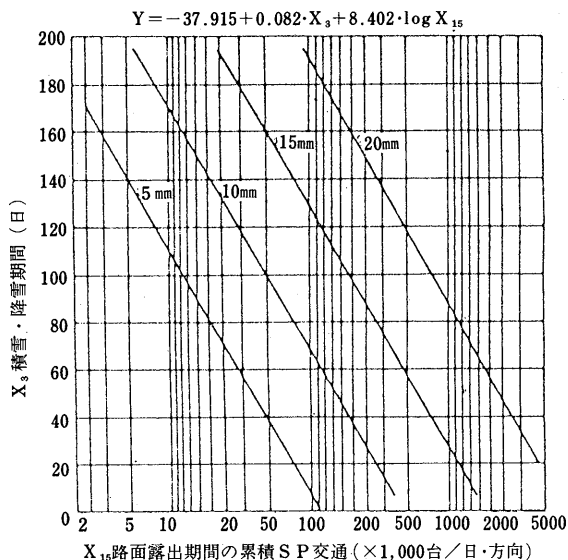
X_7 : 冬期間における SP 累積交通量 ($\Sigma \log$ 台/一方向)

X_{15} : 路面露出日 " (")

X_{19} : 積雪、降雪日 " (")

Y : 摩耗量 (mm)

高く (表－5 参照)、この式を利用すれば、摩耗量が 10mm に達するスパイクタイヤ累積交通量は、14万台近辺の時と推定される (図－6 参照)。



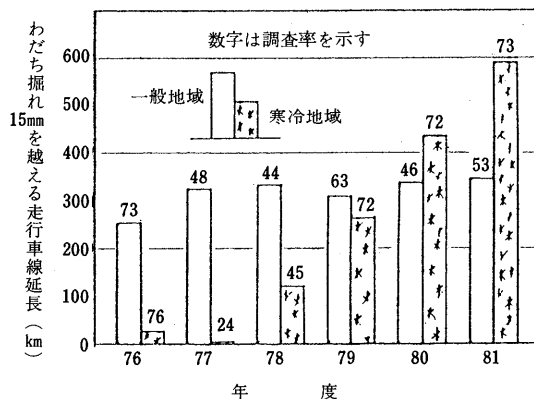
図－6 摩耗量の予測

2-3 高速道路における調査結果

高速道路におけるわだち掘れが 15mm を越える走行車線延長の経年変化を図－7 に示す。

高速道路の延長のうち、寒冷地域が占める割合が 1972 年頃から増えてきていることから、高速道路におけるわだち掘れは、一般地域の流動タイプから寒冷地域の摩耗タイプへ移りつつあることがわかる。

土工区間、橋梁区間およびトンネル区間のわだち掘れ



図－7 わだち掘れ 15mm を越える走行車線延長の経年変化

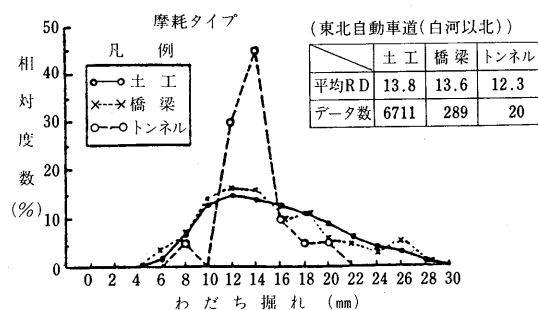
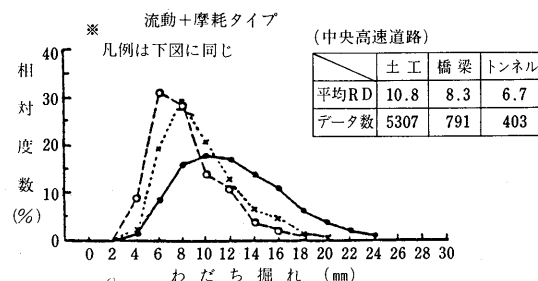
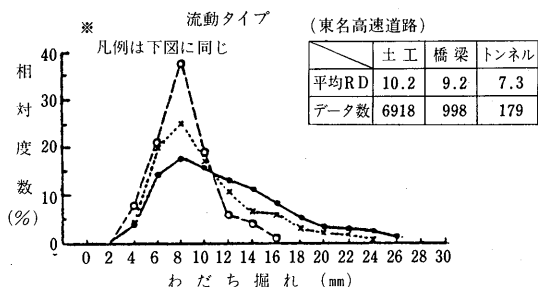


図-8 土木・橋梁・トンネル部のわだち掘れ

を相対度数で表わしたものを図-8に示す。

摩耗タイプのわだち掘れは、土工区間、橋梁区間、トンネル区間で差はなく、流動タイプのものより被害が大きいことがわかる。

わだち掘れの経時変化を図-9に示した。これより、流動タイプに比べ摩耗タイプの進行速度は3倍程度早い傾向が明らかである。

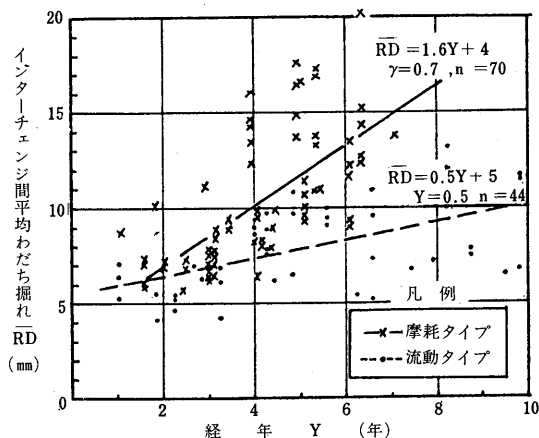


図-9 経年とわだち掘れ

3. 耐摩耗対策の現状

積雪寒冷地域の舗装に対する耐摩耗対策を目的とした研究開発は、大学、建設省、府県および舗装会社等の各種の機関で実施されている。これらを整理すると図-10のようになる。材料に関するものとして改質アスファルトや骨材の品質に関する試験研究、設計に関するものと

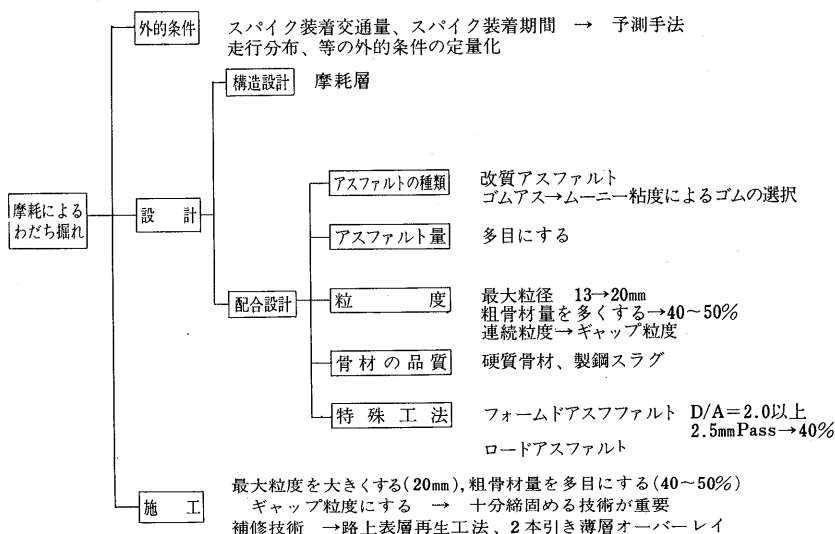


図-10 耐摩耗性舗装の現状

して密度を高めるための研究などに分類できる。

このうち建設省で実施している研究の主なものをあげると次のようになり、積雪寒冷地域における舗装の問題点の解明のためには、次のような研究テーマを取りあげて、試験室、現場を含めて各種の試験調査を実施している。

- ① アスファルト舗装とコンクリート舗装の耐久性比較試験調査
- ② アスファルト舗装の摩耗実態調査

- ③ 骨材の湿潤すりへり減量試験と摩耗量の関係調査
- ④ スパイクタイヤ等装着率調査
- ⑤ 各種材料を用いた配合設計方法の改善に関する調査

ここで、スパイクタイヤ装着率の全国調査（昭和56年度）によれば、図-11のような関係が得られており、スパイクタイヤの普及が全国的に及んでいることが明らか

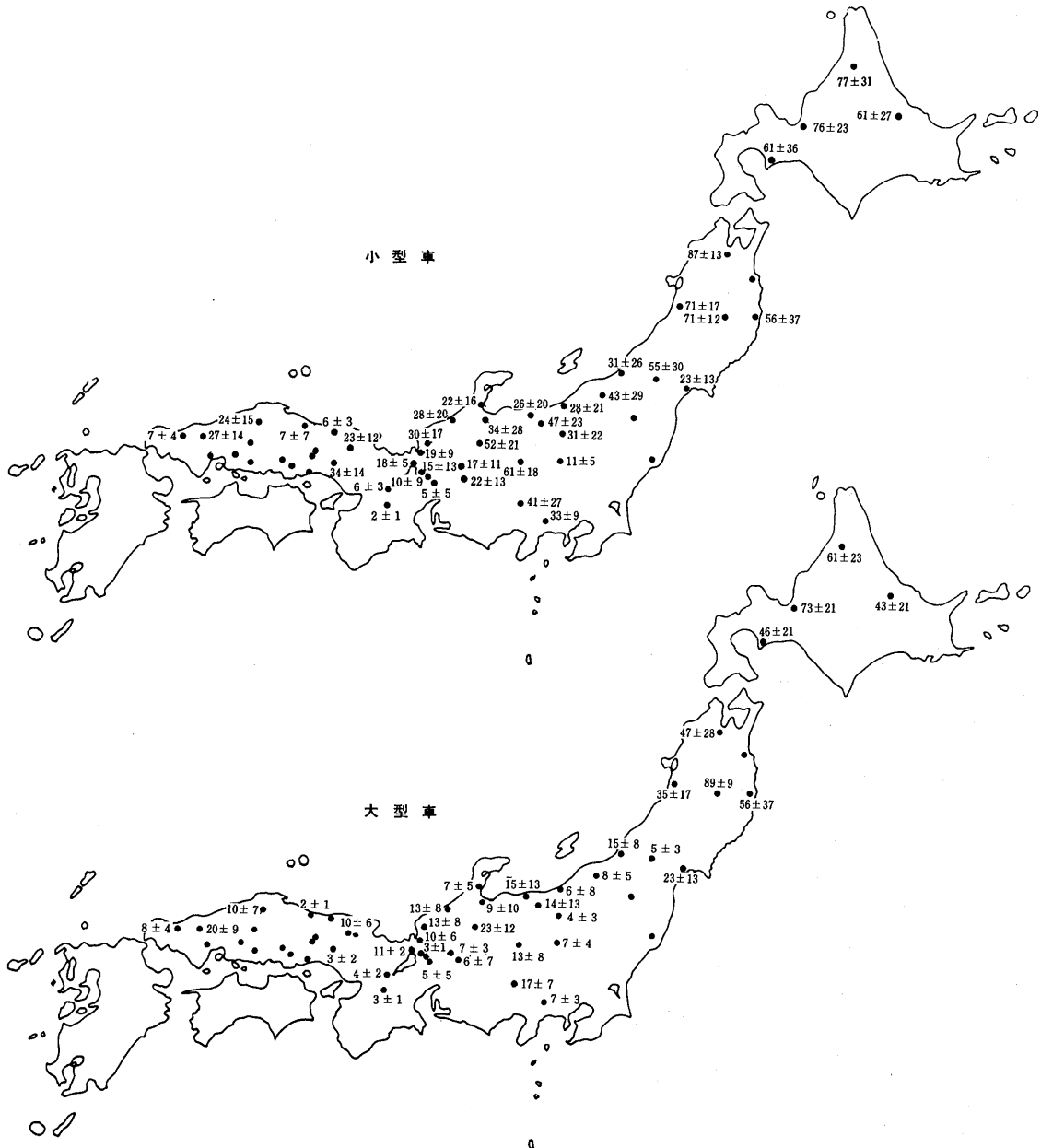


図-11 冬期間のSP装着率(%) (1981年11月～1982年3月調査の $\bar{x} \pm 16$)

であり、舗装にとっては増々重要な課題となっている。

一方、日本道路公団においても、高速道路の摩耗問題に取り組み、回転式舗装試験機を用いた室内試験を中心とした寒冷地用表層混合物の検討を行い、骨材の最大粒径、アスファルト量、アスファルトの種類等の影響を調査している。さらに、それらの成果を実際の道路で確認するために試験舗装を行い、長期間の調査から、寒冷地域用の表層混合物の粒度範囲、配合設計方法を整理し、高速道路における舗装基準にとり入れている。

北海道開発局では、新たにスパイクラベリング試験機を開発し、スパイクピンの突出量、形状、本数等他機関に先がけて検討中であり、成果を基準に反映させつつある。

ところで、諸外国における摩耗に関する研究結果から、各種要因を整理したもの为例として表-6がある。これらの研究及び前述した我国での研究成果から主として次の点が指摘できよう。

- ① アスファルト混合物はギャップ粒度が良く、同時に粗骨材量の多いものが良い。
- ② F/Aの大きいものを十分に締固めることが良い。
- ③ アスファルトの針入度は小さいものが良い。改質アスファルトの一種であるゴム入りアスファルトは効果が認められる。
- ④ 粗骨材は硬いもの、最大粒径は大きいものが良い。
- ⑤ アスファルト量と空げき率のバランスが重要である。

表-6 アスファルト舗装のスパイクタイヤによる摩耗に対する各種要因の影響

№	要 因	摩耗への影響	相対摩耗	試 験 者
1	アスファルトの針入度 Pen60対Pen300	有 意	1:1.3	Thurmann-Moe
2	アスファルト含有量 5%対7%	非常に有意	1:1.8	
3	混合物の種類 特殊混合物対シートアスファルト	非常に有意	1:1.8	Keyser
4	骨材の種類 lamprophyre 対石灰岩	非常に有意	1:1.6	
5	骨材の種類 閃緑斑岩対石灰岩	非常に有意	1:2.1	Peffekoven
6	粗骨材含有量 60%対40%	有 意	1:1.3	
7	粗骨材の最大粒径 13mm対6mm	非常に有意	1:2	
8	骨材の種類、ロサンゼルス値 17%対32% (重量)	有 意	1:1.4	Tappert/Kohler
9	フィラーの種類 極端な種類	有 意	1:1.5~3	Kluge
10	セメントコンクリート、9mmよりも粗粒の骨材の変化 砕石+砂利対石灰岩+蛇紋岩	非常に有意	1:1.5~3	Springenschmidt/Sommer
11	混合物の空隙率 3%対7% (容積)	有 意		
12	混合物の空隙率 3%対6% (容積)	有 意	1:1.2~1.5	Tröger/Helferich
13	混合物の空隙率 3%対6% (容積)	有 意	1:1.3	Tappert/Kohler
14	試験温度 +10°C対-10°C	非常に有意	2.5:1	
15	試験温度 +10°C対-10°C	—	1:1.1	
16	試験温度 0.0°C対+10°C	非常に有意	1:1.5	Huhtala
17	試験条件 ウェット+凍・融対ドライ	非常に有意	1:1.7~2.1	Tröger/Helferich
18	前処理 空気対凍・融25回 (混合物空隙率6%)	有 意	1:1.3	Kohler/Tappert
19	スリップ (スパイクの) ノースリップ対5%	—	1:1.5	Springenschmidt/Sommer
20	タイヤ圧	非 有 意	—	Thurmann-Moe
21	車両重量 乗用車対トラック	非常に有意	1:1.9	
22	車両速度 40-50 mph	非 有 意	—	
23	車両速度 40-70 mph	非常に有意	1:1.5	Schulze
24	車両速度 40mph 対制動	有 意	1:1.3	
25	車両速度 40mph 対加速	有 意	1:1.1~1.6	
26	操 縦 直線対曲線 (定速)		1:1.1	Schulze/Beckmann
27	定速対加速	有 意	1:1.4	
28	定速対制動	非常に有意	1:2.8	

これらの成果が生かされて、現在、各地域で使用されている主なアスファルト混合物は次のようである。

(1) 北海道地域

1) 細粒度アスファルトコンクリート (13F)

アスファルト混合物中のフィラー量 (F) とアスファルト量 (A) の比である F/A を大きくとり、安定度が最大となる配合とする。実用上 $F/A=1.7$ 、アスファルト量 (%) = 8.0 ~ 9.5

骨材量 (%) = 100 - アスファルト量 - 石粉量

2) 細粒度ギャップアスファルトコンクリート (13F)

$F/A=1.7$ 、アスファルト量 (%) = 6.5 ~ 7.5

骨材量 (%) = 100 - アスファルト量 - 石粉量

さらに次の条件が満足される場合にはバインダーとして SBR ゴム入りアスファルト等を使用することもある。

- ④ 全交通量が 15,000 台/日以上であり、同時に大型車による交通量の区分が C 交通区分以上である区間。
- ⑤ SBR を用いた混合物のラベリング試験による摩耗量が 1.3 cm^3 以下におさえられること。
- ⑥ 橋梁や曲線が連続する区間。

(2) 東北地域

1) 細粒度ギャップアスファルトコンクリート (13F)

(1 層 3 cm)

2) 細粒度ギャップアスファルトコンクリート (20F)

(3) 北陸地域

1) 細粒度ギャップアスファルトコンクリート (13F)

2) 細粒度ギャップアスファルトコンクリート (20F)

その他、セメントコンクリート舗装は、前述のように摩耗量が小さいことから、最近では採用が検討されているものの、養生期間の必要性、大規模な施工機械が必要になる、維持修繕が困難である等積極的に採用するためには今後の研究にまたれる点も少なくない。

参考文献

1. 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58年3月
日本道路協会
2. 建設省技術管理業務連絡会舗装部会資料
昭和58年3月 東北地建、東北技術事務所資料
3. 土木研究所資料 第1868号 昭和57年11月
寒冷地舗装ミニワークショップ発表論文集
4. 飯島ほか、アスファルト舗装の摩耗の実態と予測
土木技術資料 Vol. 23, No. 7 昭和56年7月
5. 松野三朗、スパイクタイヤと舗装の摩耗
舗装 Vol. 16, No. 2 1981年

最近のアスファルト事情 1983年版

B 5・48ページ・¥500 (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
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

目次

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

舗装摩耗に関する研究状況

久保 宏*
熊谷 茂樹**

1. まえがき

積雪寒冷地域の舗装設計と施工は、温暖地域の場合とは異なる条件を考慮して行われている。このうちで技術的に最も重要な問題は、表層の摩耗、すべり、流動、凍結融解、温度応力クラック、凍上による被害に関するものである。特に、表層の摩耗被害とそれに伴う諸問題は、道路管理者だけに留まらず、社会的な問題となっている。

北海道では、昭和28年ごろから現地での試験舗装と室内実験による各種の試験、研究が行われてきたが、相手がタイヤチェーンからスパイクタイヤに変わったこともあって、摩耗対策はいまだに十分とは云えない現状である。その対策も、従来は舗装側からの受動的な防御策が主体であったが、近年はスパイクの使用制限を含めた能動的な幅広いものとせざるを得ず、また単独機関の研究でなく、多機関にまたがる委員会による検討が行われるようになった。

本報文は、筆者らが実施してきた舗装摩耗対策に関して、過去も含めた調査、研究の現状について述べるものである。

2. 研究の経緯

1) 研究のはじめ

北海道で、郊外の幹線道路にアスファルト舗装が登場したのは、昭和27～28年度施工の1級国道36号線札幌千歳間である。戦後、駐留軍や保安隊が千歳空港付近を中心基地にしたため、安全保障費によって全長34.5kmの改良舗装を、1年半で一気に完成したものである。

その工事報告書¹⁾の中にタイヤチェーンによる摩損として次のような記述がある。

「真冬になった時、物凄い状況が現出した。自動車が止り止めのチェーンをつけたまま、50km/h以上の高速で走るのである。除雪作業の常識として、舗装面を守るた

め数層の雪層を残しているのだが、こんなスピードで走ると、雪層は砕かれ、吹き飛ばされて、夏同様にむき出しになった。凍結して極度に硬く、脆くなったアスファルト舗装面は、烈しいチェーンの槌打と擦過によって、ガラスの粉末のように砕かれ、飛び散った。真鍮製の中心鍼は、すり減って鋳込の文字が消え、やがて孔があいた。舗装体の粗骨材は、石工の荒叩きをかけたように削られた。札幌千歳間を2往復すると、新しいタイヤチェーンが切れてしまうということが、運転手仲間の常識になった。これは全く無暴な話である。・・・中略・・・観察が一つの発見をした。第一は中心線に塗った白ペンキの抵抗（溶剤の影響？）であった。次には輾圧コンクリートの横断目地の開口に塗ったカット・バック・アスファルトの抵抗であった。」文中には、ゴム入りアスファルトやアスファルト針入度と、フィラー混合量をかえた塗装材の試験区間を設けたことの記述もあるが、目的は塗装材の夏期安定性にあったようである。

こうしたことから、耐摩耗舗装へのとりくみが始まったのである。室内実験では(1)カットバックによるアスファルトの稠度変化(2)フィラーの混合によるアスファルトの靱性(ページ衝撃試験による)と稠度変化(3)自動車の後輪を持ち上げ回転しタイヤチェーンで供試体を叩く摩耗試験等が実施された。

また、室内摩耗試験の必要性が北海道土木技術会で論議され、1号機が昭和29年度に試作され土木試験所に入った。最初は数珠のように連なった鋼球を用いたが、改良されてチェーンを用いるようになり、試験方法の模策を経て昭和32年度からアスファルトモルタルを対象とした本格的な基礎実験に入っている。

この実験から、アスファルトモルタルの高温安定性とすりへり抵抗性が、混合物中のフィラービチューメンの物理的性状によってきわめて大きな影響を受けることがわかり、フィラービチューメンが結合材であると考えた配合設計法を基本とするようになった。

*くぼ・ひろし 北海道開発局土木試験所第3研究部長

**くまがい・しげき 北海道開発局土木試験所舗装研究室長

2) 試験舗装

摩耗対策に関する最初の試験舗装は、昭和29年に1級国道36号線上輪厚の約400m区間に施行された。

目的はアスファルトを軟質にして低温脆化を防ぐ表層の開発であった。

この調査から、針入度120～150のアスファルトを出るだけ多く入れ、砂の品質も吟味してフィラーの量を多くした富配合のアスファルトモルタル摩耗層が、タイヤチェーンに対して有効であることがわかった。²⁾

また、室内の基礎的な実験結果を試験舗装で確認するために、一級国道36号線千歳市上長都地区の延長100m間に23種の試験ブロックを昭和33年に施工した。試験舗装の10年間の調査結果から次のことがわかった。³⁾

①混合物のすりへり抵抗は、アスファルト量やフィラー量とアスファルト量の比に関係している。②アスファルトの針入度が大きいほど現地のすりへり量が少ない。③アスファルトモルタルに用いる砂の形状、産地、品質などが異なれば、配合割合が同じでも、すりへり量に大きな差がでる。④チェーンの装着率は晴天時5%、降雪時50～60%である。

昭和40年代前半までの現地摩耗量調査方法は、試行錯誤の状態であった。①凍結深さ以下の深さからコンクリート柱をたてて基準点とし、車線をまたぐ大きなビームを渡して横断形状を記録したが、微量凍上量の影響があってデータが生かせなかった。³⁾

②アルミニウム製の3角錐を埋め込んで、表面の直径を測定して摩耗量に換算しようとしたが、転圧時に変形したり、転圧後の埋戻材と周囲舗装の摩耗量のちがいで段差が生じた。

③フオルマル銅線を表層下に埋設し、一定の電圧、電流を通す際に発生する磁場の強弱によって、銅線からの離れ(厚さ)を測定したが、交通止めをしない限り通過車輛の影響で指示計が不安定であった。

④アスファルトモルタルは摩耗してしまったのか、流動で厚さが変わっただけなのか判然としないことが多く、上長都では、補修直前に、50cmの網目状にタガネで小さな孔を掘って厚さを実測し、残存等厚線を描き体積を求めた。³⁾

などである。

3) アスファルトモルタル、トペカ、すべり止め舗装

各種の試験舗装とラベリング試験機による室内実験から得られた資料をもとに、フィラービチューメンの質と量が、アスファルト混合物のすりへり抵抗性と安定性に対して、大きな影響をもっていることが確認された。

フィラービチューメンの質を表わす指標として、アスファルト(A)とフィラー(F)との重量配合比(F/A)をとって実験を行っていった。モルタルについては、図-1、2、3が代表的な結果である。²⁾ F/Aは施工性から、実用的には1.7程度である。このモルタルは、昭和35年から昭和45ころまで、寒冷地舗装の表層の主流をな

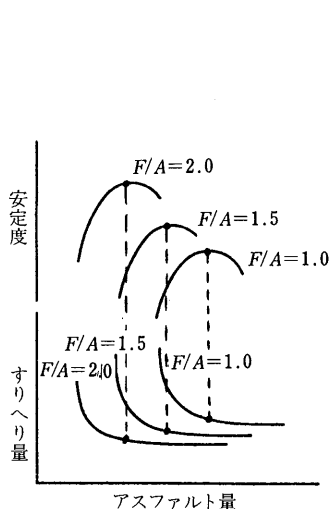


図-1 アスファルト量と安定度

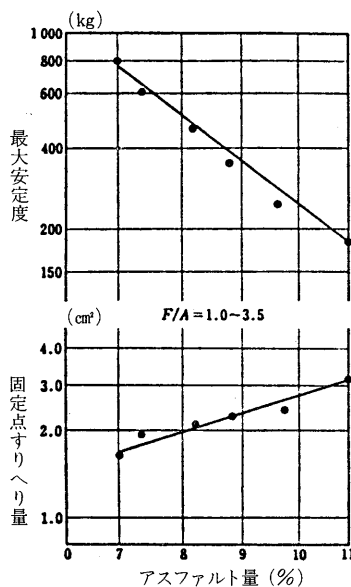


図-2 アスファルト量と最大安定度および固定点すりへり量との関係

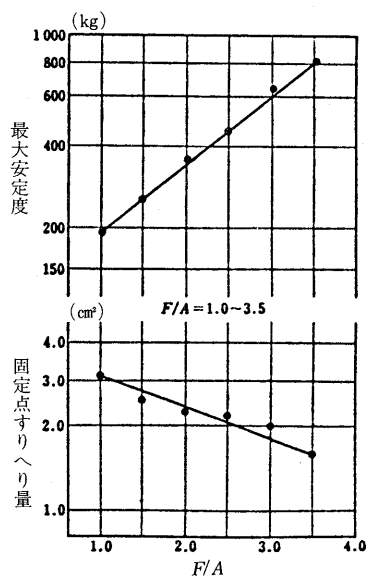


図-3 F/Aと最大安定度および固定点すりへり量との関係

すものであった。

トベカ（細粒度アスコン）は、昭和33年ころから地方の市街地の単独舗装に用いられていた。理由は、市街地では車輛の速度は遅いし、路面に雪を残しているの、郊外地より摩損程度が少ないであろうと考え、その安定性の良さを買ったのであった。⁴⁾

一方、急勾配道路では、すべり止めの試験舗装が道内各地で施工され、摩耗量や、すべり抵抗値、路面の粗さ、凸部のパターン、耐久性の調査結果から⁵⁾現在の「すべり止め舗装」が決定された。これは「アスファルト舗装要綱」で示す密粒度ギャップアスコンに相当するものである。この工種は、耐凍結融解に少々劣り、3～4 cm程度の薄層のこともあって骨材の質や配合の不備なものは、剥離することもある。現在の使用基準では、縦断勾配が4%以上の区間が300 m以上続く急勾配道路に、ゴム入りアスファルトを用いて採用している。

耐摩耗を至上命令としているので、細砂と粗砂の産地別組合せと割合が定着する昭和45年ころまでは、工事に直接かわるラベリングの依頼試験が現場から殺到して、当研究室は多忙をさわめたのであった。

4) 細粒度ギャップアスファルトコンクリート

前述のラベリング試験機は、基本的な摩耗試験機として定着し、昭和45年発行の「土木試験基準(案)」に採用され、ついで昭和53年発行の「アスファルト舗装要綱」に掲載され一般的なものとなった。供試体の作成に圧縮試験機を使用することにしたのは、①開発当初にローラーコンパクターがないままデーターが蓄積された。②モルタルの成形は圧縮で十分であった。③簡易な機械の方が普及しやすいこと等であった。

昭和40年ころから、交通量の急激な増大と交通事故の多発に伴ない、路面のすべり抵抗性についても配合設計に十分配慮する必要性が生じてきた。

そこで、トベカラベリング試験機によって、砕石量を

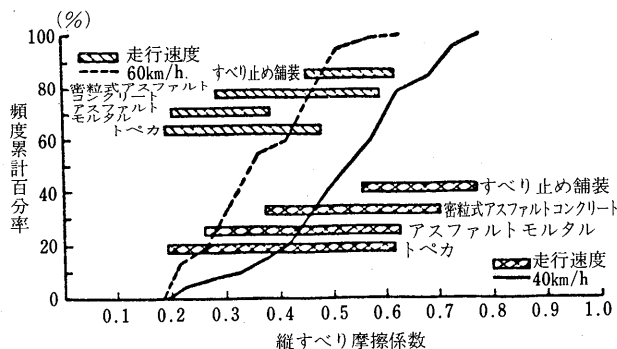


図-5 表層の種類と縦すべり摩擦係数

どこまで増すことが可能かを実験した。図-4がその一例であり、砕石量は40%程度まではよいことをつかんだ。⁶⁾昭和45年度から「密粒式アスコン」として北海道開発局では砕石量40%程度の表層を採用した。また、現地で表層の種類ごとにすべり試験車によって、縦すべり摩擦係数を測定し、図-5のような結果を得た。⁹⁾更に凍結融解試験を経た供試体のマーシャル試験やラベリング試験も行っており、耐久性の検討をした。⁸⁾図-6はその一例である。

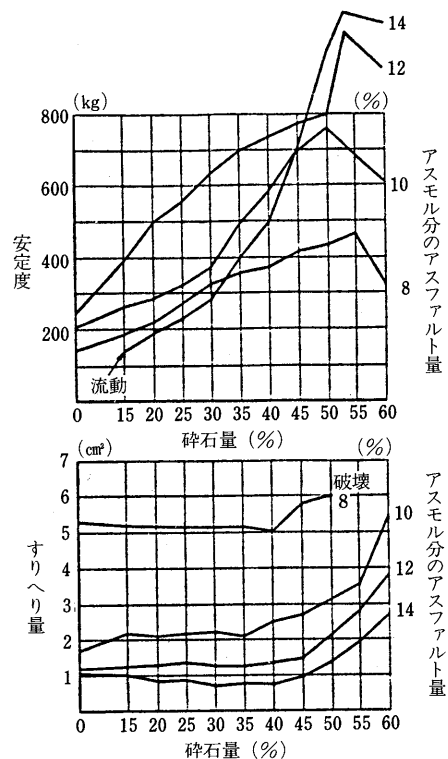


図-4 トベカなどの砕石量とすりへり量および安定度の関係

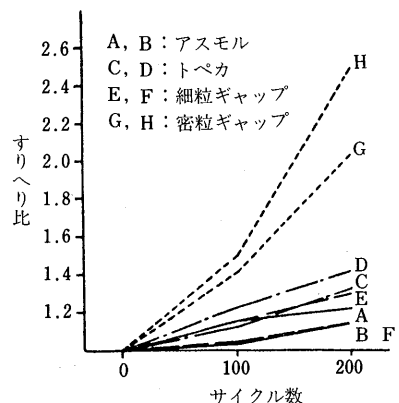


図-6 サイクル数とすりへり比の関係

配合設計時のラベリング試験は、碎石の吸収アスファルト量を、簡便に補正（吸水率の50%）差引いたモルタル分について実施している。⁷⁾ 一般的な舗装工事では、この方法で支障はないが、特に良質な碎石を用いる場合には試験値として反映できない弱みがある。根本的には、チェーンとスパイクでは特殊なバインダー、特殊な骨材の評価が異なることが問題となってきた。

3. 最近の研究

昭和47年に北海道公安委員会規則による道路交通法施行細則で「スノータイヤを全車輪に装着し、またはタイヤチェーンを取り付ける等すべり止め措置を講ずること」と定めたことにもよるが、運転者の意識からは、スパイクタイヤはチェーンに比べて、横振れ、尻振り、騒音、乗心地、耐久性、取り扱いなどの面で有利なために急速に普及した。タイヤチェーンが主として降雪時だけの使用なのに比べて、スパイクタイヤの場合は、1度装着したら路面状況にかかわらず、5～6カ月間取りはずすことがないために、一車輪当りの影響が小さくともトータルでの舗装摩耗は極めて大きいものとなる。

われわれは、耐タイヤチェーンに関する混合物の改良が

一段落しようとした矢先に、相手が急速に変わったことがわかり、摩耗対策を根本から考え直したのである。その結果、もはや混合物の改良だけでは限度があり、タイヤ、スパイクの改良、使用制限を含めた総合的な行政の検討が必要であるとの認識に立たされた。

1) 摩耗量調査

舗装摩耗の実態を把握し、改質アスファルトの効果を確認するために、昭和49年から測定方法の開発と調査を行った。順次調査カ所を増設して、昭和56年春に新設（一部継続）した36カ所48種類の調査グループを調査中である。

調査方法は、「埋設した基準ピンに脚付きの鋼棒を垂直に立て、水系を張って、10cm間隔に鋼制定規で読みとる」方法によっている。調査は、毎年5月と10月に行っている。一般国道12号美瑛市光珠内において、施工直後から調査した例を図-7に示す。¹⁰⁾

この調査結果から次のことがわかった。

①施工直後から次の春期までのわだち掘れが最も大きく、モルタル分の摩耗と初期圧密が関係していると考えられる。

②夏期のわだち掘れより、冬期のわだち掘れの方が大

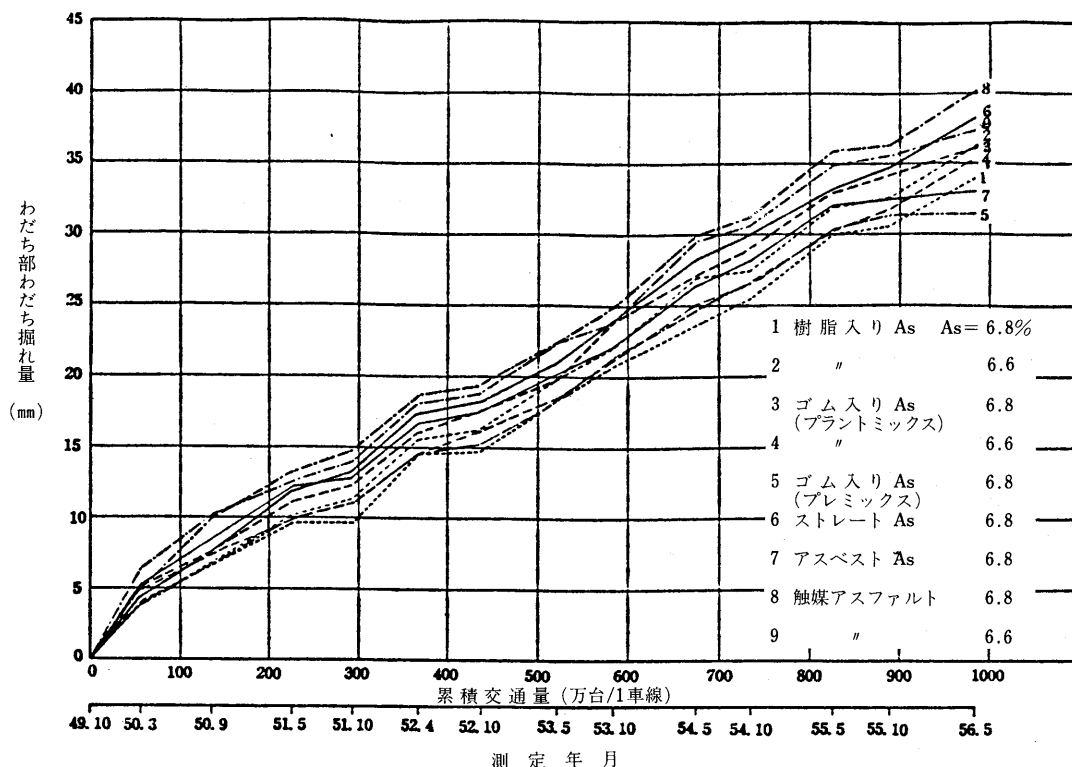


図-7 わだち掘れ量と累積交通量

きく、波形を形成している。一年間のうちのおおよその割合は、冬期2%, 夏期1/3である。

③ストレートアスファルトに比べて、ゴム入りや樹脂系アスファルトはわだち掘れが小さい。

全道域の調査結果は図-8, 9に示すとおりで、「わだち部」とは両わだち部の値を全測線平均したものであり、「一車線幅」とは全測点全測線分を平均したものである。混合物種別や地域区分はしていないが、特にゴム入りアスファルトのデータの変動が大きく見立っており、施工の要素が大きく影響しているものと考えられる。

また、図-8と図-9の回帰直線から、わだち量に占める摩耗量の割合を求めると図-10が得られる。交通量が多い程摩耗の占める割合が多くなっており、北海道開発局管理の舗装道路の全平均交通量2116(台/12時間・車線)・

1車線)に対応する割合は、摩耗68:流動32であって、ほぼ2:1となっている。

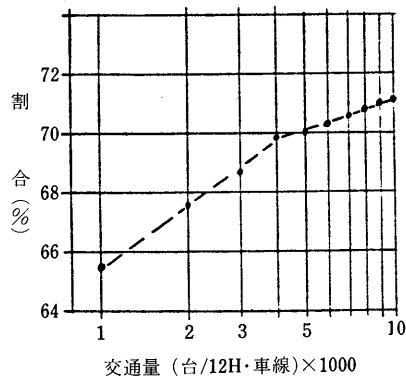


図-10 わだち量に占める摩耗量の割合(全道52~56年)

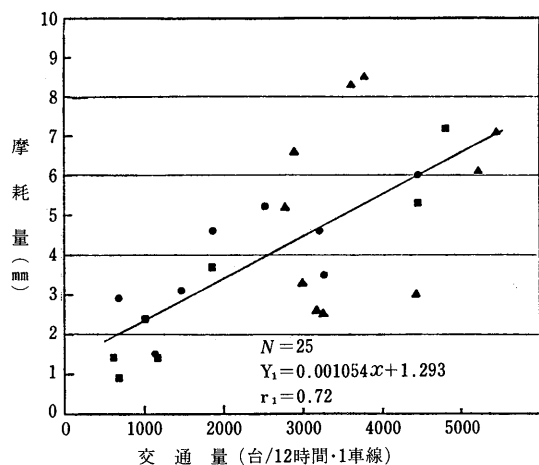


図-8 わだち部一冬摩耗量

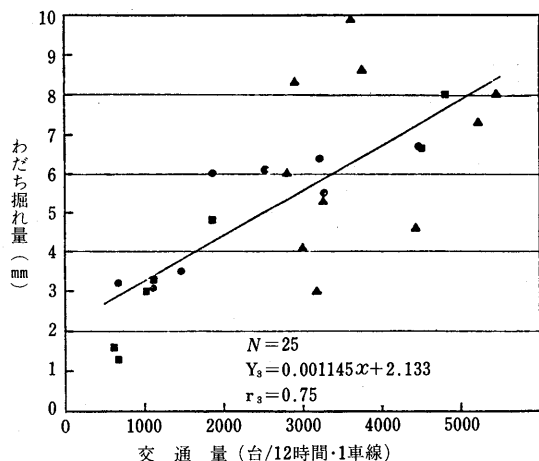


図-9 わだち部一年わだち掘れ量

昭和57年春からの調査個所には、同一舗装で速度規制が40km/hと60km/hの両方にまたがっている個所も含めており、相対的な速度のちがいと摩耗量のちがいを把握する予定である。また、大型車と小型車の走行レーンを区分して、両者の舗装摩耗の割合を検討する試験区間も調査中である。

2) スパイクピン

スパイクピンには、いろいろな種類があり、種々の改良が加えられてきており、現在は4つの世代に分類されている。基本的には、図-11のような種類と図-12の名

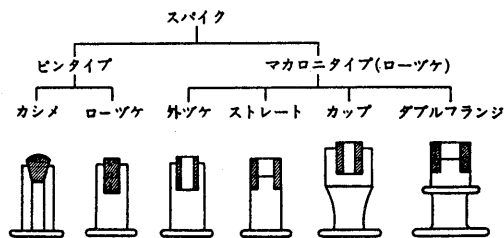


図-11 スパイクの種類

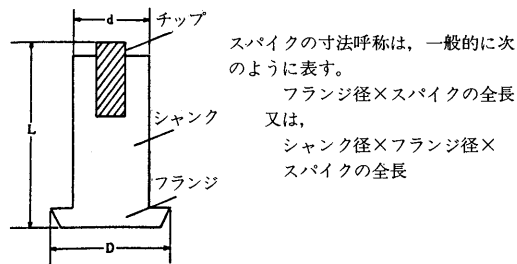


図-12 スパイク部分名称

称で呼ばれており、¹¹⁾ 実物の一部を写真-1に示す。これらは、タイヤの成型時に箱抜きされた小孔の所定位置に埋め込まれるが、札幌市内のタイヤ販売業者におけるピン打込み機は、写真-2のようなものがある。

3) スパイクラベリング試験

筆者らは、実物のスパイクタイヤを用いる試験機を導入する目的で、昭和54年度にピンメーカーのピン製作工

程や、日本道路公団試験所のトラフィックシュミレータを視察して基本構想を練った。

この結果、現有の建物や施設を有効に利用して、施設の維持、実験の費用や時間、精度などを考慮した結果、後述するような施設とした。

昭和55年度、設計製作、年度末に納入された。昭和56年度、供試体作成方法、標準的試験方法を検討する基礎的実験からスタートした。

標準試験方法は、表-1の通り定めた。特に比較実験

表-1 標準ラベリング試験条件

試験条件	標準ラベリング
温度	±0℃(乾燥)
走行回路	30,000回転(60,000輪)
タイヤ	A社製パイアスノースパイクタイヤ 6.15-13 4PR
空気圧	1.7 kg/cm ²
荷重	320 kg/輪+タイヤ自重
速度	40 km/h
トルク	制動: 7 kg・m 駆動: 11~21 kg・m
シフト量	±45 mm
シフト速度	往復40秒

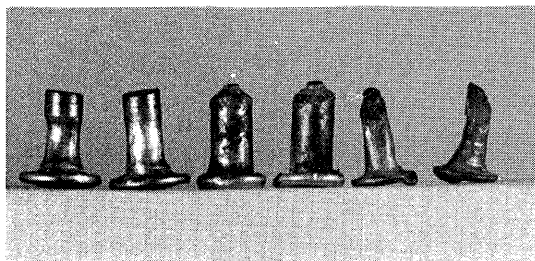
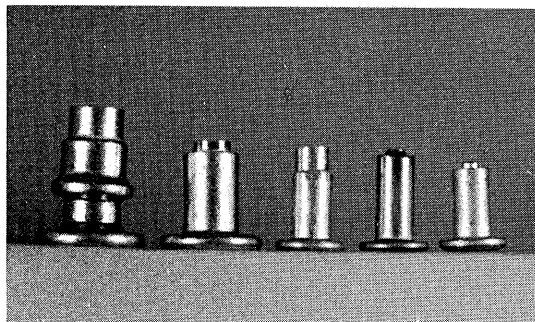


写真-1 上段 新品スパイクピン

下段 道路に抜け落ちていたスパイクピン

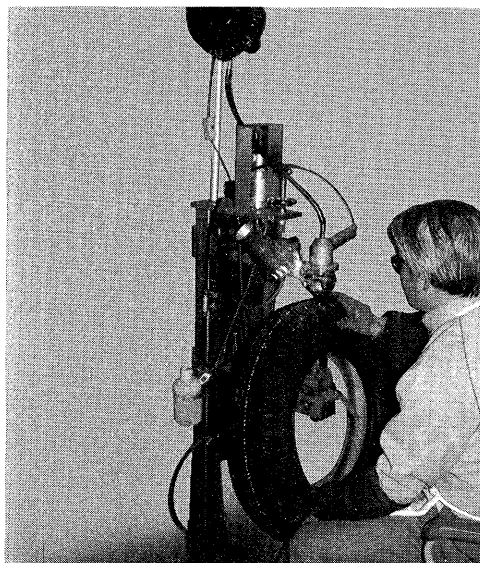


写真-2 スパイクピン打ち込み作業

を行う場合には、10万輪、14万輪パスも行い、撒水する場合もある。撒水をする、しない場合の約2倍摩耗する。また試験温度もかえると、0℃+10℃がほぼ同じで-10℃で小さな摩耗量を示し、チェーンの場合と逆な傾向を示した。¹²⁾

砕石量の影響は、図-13に示すように砕石量の多い方が有利になっており、チェーンの場合と配合方法は多少異なるが図-4と傾向が違う。¹²⁾ 改質アスファルトは、

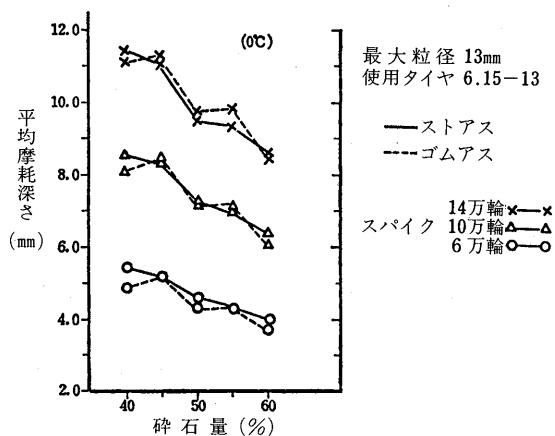


図-13 砕石量と摩耗量

0℃より低温で効果をあらわす傾向にある。最大粒径の違いでは、20mmの方が13mmより10%程度摩耗が少ない。¹²⁾

現在 F/A の影響を実験中であり、今後はフィラーの粒度、砂の粒度など基礎的な実験も行う予定である。

4) 混合物の改良

スパイクラベリング試験の結果は、従来の混合物の設計方法を再チェックさせることになった。しかし、全ての検討を終えてから混合物の改良を進めるのでは時間がかかるため、現在並行して試験舗装を実施している。その方向は、骨材の最大粒径は20mm程度とし、粗骨材量は粒度上で50%程度が妥当とみている。積雪寒冷地では、凍結融解作用や湿潤期間が長いこと、走行性、施工性、終期の基層からのほく離等を考慮したからである。しかし、良好な施工性を保つには、粒度上の工夫が必要で、まだ解決されていない。

また、混合物の締固め度は摩耗に大きく影響していることがわかり、⁸⁾ 道内舗装工事の締固め度実態調査を行ったところ、「平均値-σ」は98.7%であり、施工には十分注意が払われている実態がわかった。耐摩耗に締固め度が大きく影響しているとすれば、積雪寒冷地域の仕様は今少し厳しく設定することも考えられる。

5) スパイクピンの改良

混合物の改良が限界に近づいている現在、スパイクピンの改良や使用制限は最も効果のある対策であるが、安全性や耐久性の面でも慎重な検討を要する。スパイクピンはタイヤとの組合せで調整されており、本来単独に変更するには問題がある。しかし、行政の研究機関として、その方向づけを行うことが重要であると考え、ピンの分野に多少踏み込んだのである。

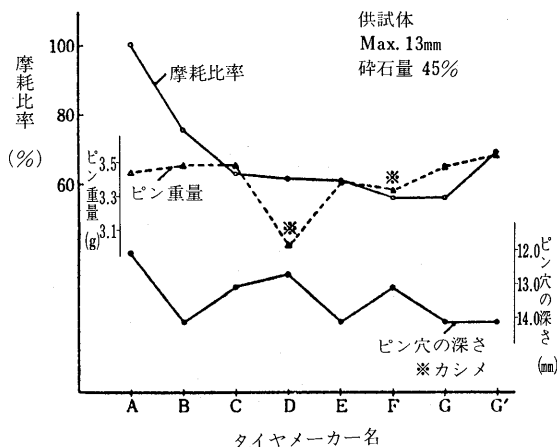


図-14 タイヤメーカーの違いとラベリング摩耗比率

市販の各種スパイクタイヤを用いて、同一配合の供試体でスパイクラベリング試験を行ったものが、図-14である。¹³⁾ また、同じタイヤに種々のスパイクピンを打ち込んで実測値を得て、一般式化して図化したものが、図-15である。¹⁴⁾ 日本自動車タイヤ協会が氷上の実車テストで得たラジアルタイヤの場合のすべり性能データをもとに一般式化して図化したものが図-16である。¹⁵⁾

これらのデータから、耐久性の検討は残るとしても、氷上でのすべり抵抗をあまり低下させないで、舗装の摩耗を最小限に留めるスパイクピン検討の余地は十分あることがわかる。

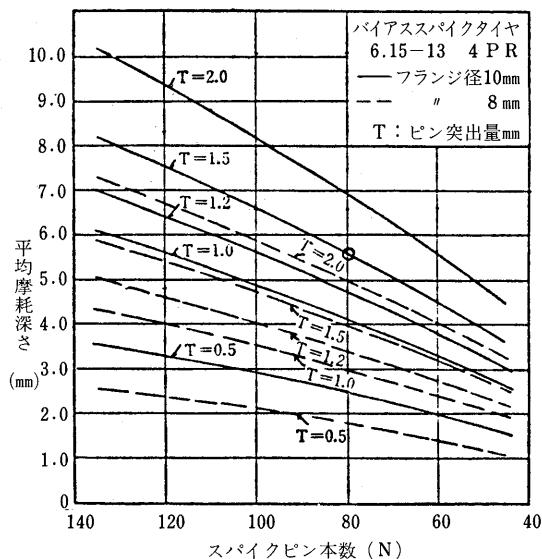


図-15 スパイクピン本数とラベリング摩耗量の関係

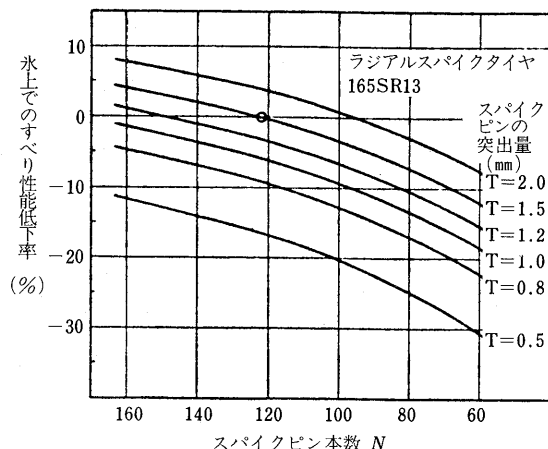


図-16 スパイクピン本数、突出量と氷上でのすべり性能低下率の関係

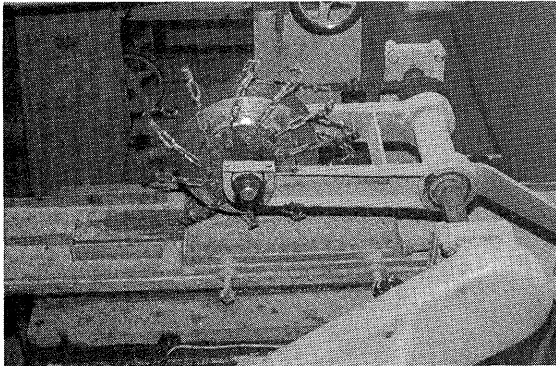
4. 研究設備の状況

当研究室で摩耗関係に用いている主な設備は、次のようなものである。

1) チェーンラベリング試験関係

○アスモラベリング試験機（往復型） 3台

機構と諸元については、アスファルト舗装要綱に準ずる。（写真－3）



写真－3 アスモラベリング試験機

○トベカラベリング試験機（回転型） 1台

クロスチェーンを用いて、砕石を含む混合物の摩耗試験を行う試験機で、同時に8本の供試体をセットできる。

走路直径：150 cm

車輪の直径と巾： $\phi 270$ mm，巾100 mm

車輪の回転数：212 r・P・m

供試体の回転数：16 r・P・m

供試体の寸法：40×15×5 cm

チェーン数：サイドリンク2コ×2，クロスリンク

6コを1本とし，10本装着

○その他

ミキサー（30kg練り） 1台

アムスラー型圧縮試験機 1台

断面積測定器（手動） 1台

低温恒温室 1室

2) スパイクラベリング試験関係

○スパイクラベリング試験機 1台

円板直径：250 cm

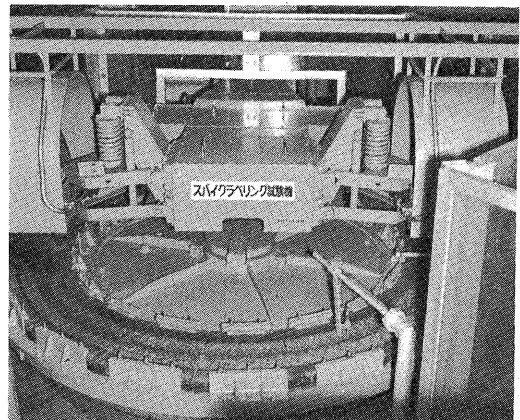
走路直径：標準200 cm，シフト量±5 cm，速度任意

輪荷重：200～500 kg/輪，無段

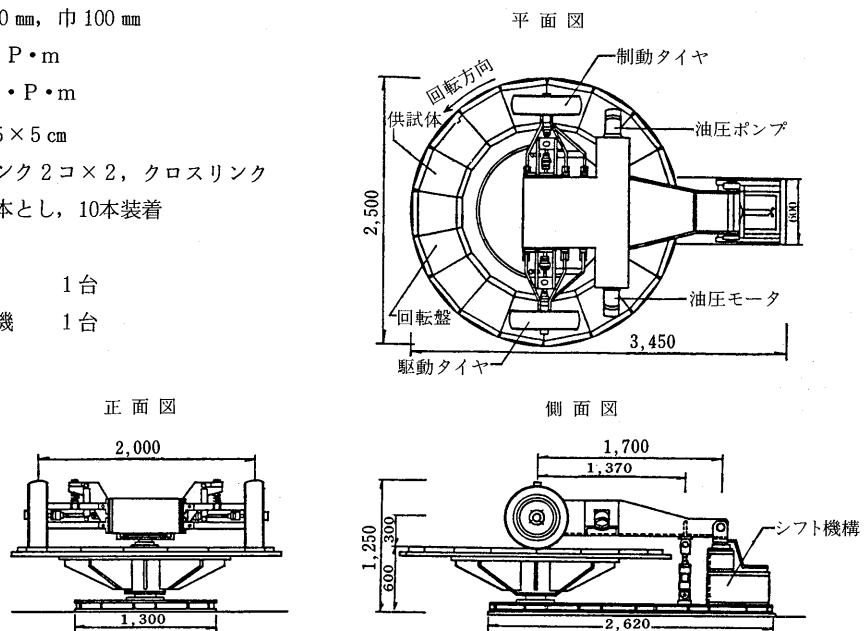
走行速度：10～40 km/h，無段（油圧モータ流量）

トルク：10～20 kg・m，無段（油圧モータ圧力）

トーイン：0°



写真－4 スパイクラベリング試験機本体



図－17 スパイクラベリング試験機本体概要（単位mm）

キャンバー：+1.5°

標準タイヤ：6.15-13, リム 4.5 J ~ 6.95-14

リム 5 J

供試体：18個, 幅 350, 長さ 287 ~ 410,

厚さ 50mm

撒水装置：上水 10 ℓ/min 程度, 排水パン

ガード：アルミ棒アクリル板

リフト：供試体上面とタイヤ下面間 45cm

油圧ユニット：タンク, ポンプ, バルブユニット

○監視記録装置

試験中の操作と監視は, すべて隣の監視室で次のような装置を用いて遠隔操作で行う。

車輪走行速度指示計 (デジタル)

車軸トルク指示計 (アナログ) 駆動輪, 制動輪切替。

回転板回転数積算計 (プリセットカウンタ)

輪荷重指示計 (アナログ)

温度計：供試体周辺温度測定 (サミスター)

振動計：異常振動時に電源切断

油圧計：リフター, シフター, 油圧モータに用いる

油の元圧指示

非常停止原因表示灯

監視用テレビ：カメラ 2 台, モニターテレビ 1 台

○自動断面積測定器

摩耗試験後, 供試体の摩耗した断面積を迅速に測定する装置で, 供試体をセットしたまま, センサー部分を試験機本体に取付けて測定子を走らせ, 監視室の表示部にデジタル表示させる。また, 摩耗部の始点と終点を記憶させて自動測定にすれば, 測定線に合わせる毎に自動的に断面積, 摩耗幅, 最大深さを表示する。

断面積：0.1 ~ 999.9 cm²

距離：0.1 ~ 300 cm

深さ：0.01 ~ 99.99 mm

測定子移動速度：測定行程 5 mm/sec

戻り行程 20 mm/sec

1 回の測定時間 約 80 秒

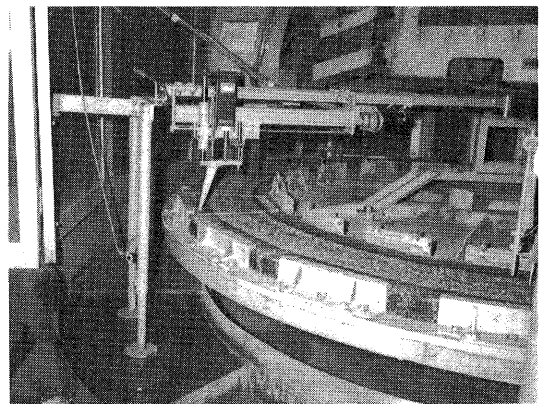


写真-5 自動断面積測定器センサー部

○その他

ローラ・コンパクト 1 台, 低温恒温室 1 室

5. あとがき

筆者らの研究は, 摩耗対策全体からみるとほんの一部に過ぎないが, 出来得限りのことは実施してみる予定であり, 読者諸兄の御指導を願う次第である。

今後の方向であるが, 混合物の面では基礎的な事項の再確認, 改質アスファルトの有効な利用方法, 新しいタイプの耐摩耗表層の検討, 配合設計方法の検討などがある。一方, タイヤの面では, ピンの改良, スパイクレスおよびラジアルの活用, 使用制限など多機関に亘る協議と, 利用者の理解に係る問題が多い。

いずれにせよ, 舗装の摩耗対策は段階を踏んで着実に進める必要があると考えている。

最後に, 本文を稿するに当たり, 諸先輩ならびに土木試験所道路研究室と舗装研究室の貴重な資料を多数引用させていただいた。記して謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 北海道開発局札幌開発建設部：1 級国道 36 号線札幌一千歳道路 工事報告
- 2) 小山：すりへり対策 10 年の歩み, 日本道路建設業協会北海道支部 技術資料第 2 号, 昭和 47 年 1 月
- 3) 熊谷ほか：上長都試験道路の調査結果, 第 13 回北海

- 道開発局技術研究発表会論文集, 昭和 45 年 2 月
- 4) 久保：北海道における表層用混合物の配合設計の経緯と現状, 土木学会誌, 1978 年 10 月号
- 5) 岩崎：混合式すべり止め舗装の経年変化について, 第 12 回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和 44

年 2 月

- 6) 熊谷：粗骨材を含むアスファルト合材のすりへり試験について（第 2 報），第 11 回北海道開発局技術研究発表会論文集，昭和 43 年 2 月
- 7) 熊谷ほか：粗骨材を含むアスファルト合材のスリへり試験について（第 3 報），第 13 回北海道開発局技術研究発表会論文集，昭和 45 年 2 月
- 8) 岩崎：アスファルト合材の凍結融解試験について，第 13 回北海道開発局技術研究発表会論文集，昭和 45 年 2 月
- 9) 高橋ほか：アスファルト路面のすべりまさつ係数について（第 3 報），第 14 回北海道開発局技術研究発表会論文集，昭和 46 年 2 月

- 10) 久保ほか：北海道の国道における舗装摩耗について，土木試験所月報 No. 347, 1982. 4
- 11) 日本自動車タイヤ協会：みんなで考えようスパイクタイヤ問題，昭和 58 年 7 月
- 12) 久保ほか：スパイクラベリング試験について，土木試験所月報 No. 355, 1982. 12
- 13) 久保ほか：スパイクピンが舗装の摩耗に与える影響について，土木試験所月報 No. 359, 1983. 4
- 14) 久保ほか：改良スパイクタイヤによる舗装摩耗，土木試験所月報 No. 359, 1983. 4
- 15) 久保ほか：改良スパイクタイヤの氷上すべり性能，土木試験所月報 No. 359, 1983. 4

☆1983年改訂版発行のお知らせ☆

皆様からご好評をいただいている下記出版物は、毎年改訂発行しております。
ただいま予約受付中です。

日本アスファルト協会・発行

『アスファルト・ポケットブック』 1983年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文 72 ページ・実費領価 1 部 500 円（送料実費は申込者負担）
ハガキにてお申込み下さい。

主 な 内 容

- 石油アスファルトの生産実績
- 石油アスファルトの需要推移
- 石油アスファルトの需要見通し
- 石油アスファルトの製造及び流通
- 石油アスファルトの生産場所及び油槽所
- 石油アスファルトの製造原油
- 石油アスファルトの品質規格
- 石油アスファルトの用途
- 石油アスファルトの価格
- 道路投資額と石油アスファルト需要

- 昭和 58 年度の道路予算
- 道路の現況
- 道路整備 5 ヶ年計画
- 参考資料
- 石油供給計画
- 主要諸国の道路事情
- データーシート
- 住 所 録
- 会員名簿
- 関連官庁・関連団体

積雪寒冷地域における舗装の摩耗対策

—— (スパイクタイヤ対策) ——

藤 城 泰 行*

1. はじめに

舗装の摩耗の問題としては、積雪寒冷地域における冬の摩耗が問題となっており、これは主にスパイクタイヤに起因すると考えられている。スパイクタイヤの普及以前にもタイヤチェーンによる舗装の摩耗問題があり、特に、積雪地域におけるトンネル内のような箇所では大きな問題になり耐摩耗性舗装の研究・開発が進められてきた。

しかし現在問題となっているスパイクタイヤに起因する舗装の摩耗は、広い範囲にわたる深刻なものであり、タイヤチェーンによる摩耗が問題であった頃のように、舗装技術の開発のみで対応しようとすることは困難であり、スパイクタイヤそのものの規制方策等を含めた対策を総合的に実施しない限り、その根本的な解決は不可能である。

スパイクタイヤによる舗装摩耗対策としては、まずスパイクタイヤの装着制限や代替防滑装置の開発などにより、スパイクタイヤの装着率を低減させる方策が考えられる。次にスパイクタイヤの使用を前提としたうえで、スパイクピンの構造改良や舗装技術の開発などによる舗装の摩耗低減方策が考えられる。スパイクタイヤによる舗装摩耗対策としては、様々な対策が考えられるわけであるが、スパイクタイヤ問題が交通安全上の問題にからむだけにその実行には慎重にならざるを得ず、一朝一夕にその解決策を見出し得ないのが実情である。

しかしながら、舗装摩耗の被害の現状は、抜本的対応をとらず補修工法の開発等維持管理面から対応可能とするには余りに大きな問題であり、道路管理者としてもスパイクタイヤ規制を含めた総合的対策に本格的に取り組まざるを得ない問題となっている。

2. スパイクタイヤの装着を減らす対策

スパイクタイヤの装着を前提として、舗装の摩耗を低減させようとするピン構造の改良等の対策もそれなりに

効果的であるが、特にこれから述べるスパイクタイヤの装着そのものを減少させようとする対策は、装着率の低減がそのまま舗装の摩耗の低減に効いてくるものであって、対策が適切に実施されれば、非常に効果的である。

その具体的な方法には、公的機関によりスパイクタイヤの装着を規制あるいは制限する直接的方法と、使用者が自主的にスパイクタイヤの装着をやめるよう周辺環境を整備する間接的な方法が考えられる。

(1) スパイクタイヤの装着制限

スパイクタイヤの装着制限（規制）としては、路面に雪氷のある冬期間のみ使用を許可する期間制限、大型トラックなどの重量車の装着を制限する大型車規制ならびにすべてのスパイクタイヤの使用を禁止する全面禁止規制などがある。欧米でスパイクタイヤによる舗装の摩耗が問題となっている国々のほとんどではいずれかの規制がなされている。¹⁾

① 使用期間制限

スパイクタイヤによる舗装の摩耗は、路面が雪氷に覆われる冬期間よりも、その前後の路面が露出する時期に著しい。また交通安全面からみても、スパイクタイヤが効果的であるのは、凍結路面に限られており、露出路面ではむしろ、普通タイヤより摩擦係数が小さい傾向にあることが知られている。

このため、冬期の雪氷期間のみスパイクタイヤの装着を許可する期間規制が欧米のかなりの国で実施されている。

我が国においては本年4月から札幌市が、「スパイクタイヤ使用期間制限・指導基準」を定め、市民に協力をお願いするという形でスタートし、今冬には少なくとも宮城県（仙台市を含む）、北海道、新潟県で使用期間制限がスタートする見通しである。

札幌市においては、表-1のような基準で、使用期間制限を行った。その結果4～5月において装着率の低下がみられたが、57年度はたまたま少雪の年であったこと

表-1 札幌市・スパイクタイヤ使用期間制限・指導基準

● 目的 スパイクタイヤによる種々の問題を解決する当面の施策として、はきかえ時期を明示し、スパイクタイヤを必要としない期間の使用を制限するために設けたものです。 凍結路面での安定走行力を発揮するスパイクタイヤも、雪融けの道では<舗装路面の摩耗・白線などの消滅・騒音増大・削られた舗装などの粉じんの飛散>と、さまざまな問題を起こします。そこで、使用期間を制限しドライバーのみなさまのご協力をお願いするものです。 ● 期間 <春先・4月20日以降の使用を制限します。> 路面の積雪状態や気象条件を考え、雪融け後は可能な限り早い時期にスパイクタイヤのはきかえをお願いします。 <秋口・11月20日以前の使用を制限します。> その年の初雪や積雪状態にもよりますが、11月20日までスパイクタイヤを使用しないようお願いします。 <制限期間であっても、積雪・凍結道路ではすべり止め措置を。> 峠・山岳部など積雪・凍結している道路を走行する場合は、タイヤチェーンを取り付けるなどすべり止めの措置をするようお願いします。 《市民のみなさまにはこの基準の趣旨をご理解され、是非ともご協力をお願いします。》 《この基準は、昭和58年4月1日から施行します。》	● 警告 <この基準に従わない運転者等の方には、警告などの指導を行います。> ●札幌市では4月20日～4月25日までの期間<お願い>というかたちで呼びかけます。 ●札幌市では4月26日～4月30日までの期間<注意>を行います。 ●札幌市と北海道警察本部では5月1日以降<警告>を行います。 《札幌市は、指導基準の実施にあたり》 《次の事項の実現に努力します。》 (1)スパイクタイヤ規制を広い地域にわたって広げていきます。 (2)車道上の除雪と春先の雪割りの充実。 (3)道路清掃の充実。 (4)アスファルト粉じんの環境面での調査。 (5)摩耗にくい舗装の研究。 (6)スパイクピンの形状・本数などの改善およびスパイクレスタイヤの開発・使用促進に向けてメーカー側に要請。 (7)スパイクタイヤ問題に関する知識を、市民のみなさまへ強くPRしていきます。 (8)そのほか、スパイクタイヤに関する種々の問題の解決に努力します。
---	---

が原因していることも考えられ、引き続き効果の把握に努める必要があるものと思われる。(p. 12 図-11参照)

期間制限は、最初は、ゆるい期間で罰則もともなわない無理のない制限を実施し、制限による効果や問題点を把握しながら逐次強化していくことが適当と考えられ、札幌市の指導基準の設定もこの第1段階であると考えられる。制限の強化の程度は主として地域の気象条件に左右されるところが大きく、地域によっては、いずれスパイクタイヤが全廃されることも可能と考えられる。

② 大型車の装着禁止

大型車は、重量が大きいので、タイヤと路面との摩擦力が大きく、スパイクの効果あまり顕著でないことと、乗用車などの小型車に対し、2倍以上の摩耗被害を舗装に与えることなどを理由として、ヨーロッパのオーストリア、フランス、イタリアなどで、総重量3.5トン以上の大型車がスパイクタイヤを装着することを禁止している。この規制方法は単独で実施されることはなく期間規制などと組み合わせて実施され、又路線バス等公共性の強い大型車は許可されていることが多い。

我が国における大型車のスパイクタイヤ装着率が、今のところ乗用車に比較してかなり低く、このことと欧米に比較して貨物車の走行量が多いことを勘案すれば我が

国においても大型車の規制は検討に値するものと考えられる。

③ 全面禁止

この規制方法は冬期間においてもスパイクタイヤの使用を全面的に禁止するもので、ヨーロッパの東西ドイツ、オランダ、ユーゴスラビア、ルーマニア、ルクセンブルグ、ポルトガル、カナダのオンタリオ州、アメリカ合衆国のミネソタ州など10州で実施されているものである。これらの国または州の冬期間の気象条件は一般に厳しくなく、また冬期路面管理のために大量の岩塩、塩化カルシウム、砂などのすべり止め材を散布して冬期交通が確保されている。さらに、スパイクタイヤの全面禁止は突然採用されるものではなく、西ドイツの場合のように、①冬期以外の使用禁止(期間規制)、②冬期以外禁止と大型トラックの全面禁止(大型車禁止)のほかスパイクタイヤ装着車だけを対象とした速度規制(スパイク装着車のスピード制限)などの規制を段階的に1964年から約10年をかけて強化してゆき、全面禁止に持ち込んでいる。

我が国における装着規制も、地域の実情に応じ段階的に実施すべきものであり、全面禁止に持ち込むには、多くの障害があるものと考えられる。

(2) 代替防滑装置の開発

積雪・凍結時の防滑装置としては、スノータイヤや、タイヤチェーンが用いられていた。タイヤチェーンは普通タイヤの場合あるいはスノータイヤでは十分な摩擦抵抗が得られないような場合に使用されていた。しかしタイヤチェーンはその取りはずしがやっかいであり、走行性も悪いため、使用頻度の多い雪寒地域では、スパイクタイヤの普及とともにそれに替わられてきたものである。

タイヤチェーンは、露出路面で使用されれば、舗装を著しく摩耗させるものであるが、雪氷路面以外で 사용되는ことは稀なため、スパイクタイヤと比較すれば、その影響は小さかった。

タイヤチェーンは、摩擦係数は大きい、耐久性に難点があり、何よりも装着の手間が大変である。新製品の開発が行なわれ実用化されているものもあるが、なお耐久性に限界があり、使用者が自主的な判断で、スパイクタイヤから代替することは困難であるのが現状である。

防滑対策としては、車の構造面からの本格的な対応も考えられるが、現在最も期待されているのはスノータイヤの改良、いわゆるスパイクレスタイヤの性能向上である。

① スパイクレスタイヤの開発

現在市販されているスノータイヤは、いわゆるスパイクレスタイヤといわれる特殊配合ゴムのタイヤに切り替わりつつある。これは、低温（0℃以下）になっても硬化し難い特殊配合ゴムを使用し、氷盤上の微小の凹凸を包み込むことによって生ずる摩擦抵抗で駆動力、制動力を得ようとするものである。従ってこれまでのスノータイヤと比較すれば性能の向上がみられるものの、自動車の重みで氷盤上の微小の凹凸が融けて水となるような状態つまり0℃近辺の氷盤上では大きな効果は期待できないといわれている。²⁾

現在スパイクレスタイヤの性能は、スパイクタイヤの約7割といわれており、スパイクタイヤに代替するには更に技術開発の推進が必要とされている。

通産省では59年度からスパイクタイヤ等の技術的改善の方向について検討を行う予定であり、スパイクレス

タイヤの改良にその成果が期待される。

スパイクレスタイヤがスパイクタイヤと全く同等の性能を有することは技術的に困難なことかも知れないが、少しでも性能が向上することは、スパイクタイヤの期間制限の強化に有効であろうし、冬期にスピード制限が強化できれば十分代替が可能な場合もあり得るものと考えられる。交通安全面を除けば経済面も含めデメリットが少ない対策であり今後の技術開発の進展が期待される。

② 自動車構造による対応

スリップ事故は、凍結路面だけでなく、夏期の湿潤路面においても発生するものであり、アンチスキッド装置のような車のブレーキ機構の面からの研究、開発が進められている。これが一般に広く使用されることになれば、凍結路面におけるスリップ事故防止にも有効性を発揮することが期待される。

またすでに実用に供されている4輪駆動車も雪氷路面に有効と考えられ、このような自動車構造の面からの対応により、スリップ事故に関する限り、スパイクタイヤをはずすことによるデメリットは解消されるものと思われる。しかし、大がかりな装置は当然車両価格へのはねかえりが考えられ、一般的に使用されるようになるかは疑問のあるところである。

③ その他の対策

その他の対策としては、スパイクタイヤを必要としない路面状況をつくり出すこと、スパイクタイヤの使用に金銭的ペナルティをかけることなどが考えられる。

① 除雪、融雪の強化

スパイクタイヤの装着を禁止するための環境整備として、除雪、融雪を徹底させることは、限られた地域のごく限られた範囲では可能と考えられるが、我が国の雪寒地域全体を考えた場合とうてい不可能である。むしろ過去の経験からは、除雪水準の向上により路面の露出比率が大きくなり、舗装の摩耗がより大きくなっている。

西ドイツ等全面禁止を実施した国々では、除雪や、薬剤散布による融雪を徹底して実施しているが、我が国は、世界的にみて、雪の多い地域であり、地形も、厳しいことから完全な除融雪は困難である。¹⁾

また薬剤散布等によるすべり止対策も、チップや砂の散布では、更に摩耗を一層促進させたり、粉じんの増加にも結びつくため、塩や、塩化カルシウムによる必要があるが、大量の散布は、植物や、下水処理への影響、車や橋梁への塩害などがあり、おのずと限界があるものと考えられる。

従ってこの対策は、限られた地域において、スパイク

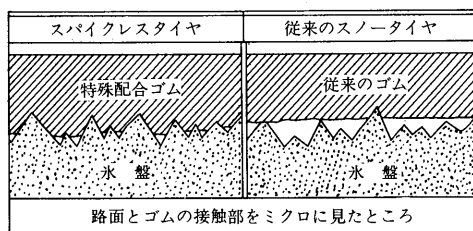


図-1 スパイクレスタイヤの原理

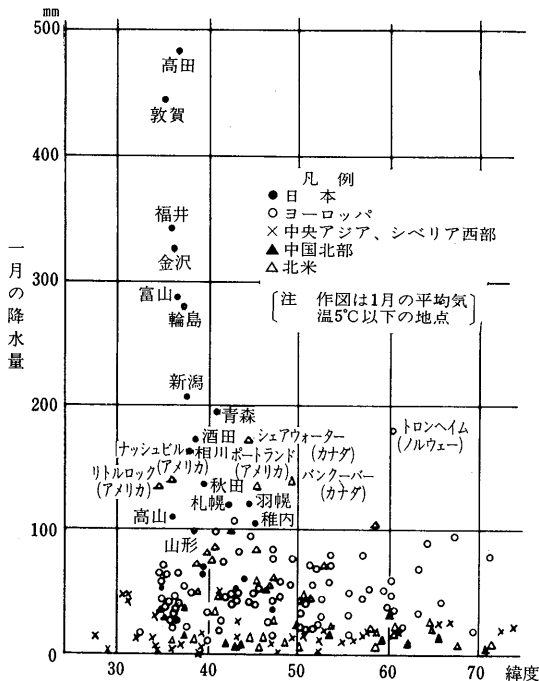


図-2 北半球における主要都市の緯度と降水量
(東京天文台編, 理科年表1977世界の気候表より)

タイヤの使用制限を徹底させるため, 限られた範囲で実施されるべきものと考えられる。

② スパイクタイヤ税の創設

スパイクタイヤに金銭的にペナルティを課すことによって, スパイクタイヤの使用を低減させるとともにその税収でもって摩耗した舗装の修繕を行おうとするもので一石二鳥をねらうものである。

現在一冬の摩耗による損害は, 舗装, 路面表示を合わせ約 400 億円程度と想定されるが, これを年間に販売されていると推定される約 4 億本のスパイクピン使用者に負担させようすると 1 本約 100 円となる。これはピンの現在の販売価格そのものを上回る大きな値であり, タイヤ 1 本当たり 100 本のピンを必要とすれば, スパイクタイヤ 1 本당りにして約 1 万円の新たな課税となる。

課税額の設定は必ずしも今述べた方法に限られるわけではないが, 限られた範囲であってもスパイクタイヤの有効性が否定できない現状から考えると, 使用者とのコンセンサスを得ることは容易でないものと考えられる。

3. スパイクタイヤによる摩耗を低減させる対策

ここでは, スパイクタイヤの使用は止むを得ないものと考え, ピンの構造改良, 舗装の強化等により, 舗装の摩耗量を低減させる対策について述べるものであるが,

これらの効果にはおのずと限界があり, 使用期間制限などの対策と合わせ実施されるべきものとする。

(1) スパイクピンの規制

スパイクピンの形状は, 欧州では図-3 に示すように, 変化してきており, 第 4 世代のスパイクは第 2 世代のスパイクに比較し, 道路損耗の程度は約 1/4 になっているといわれている。しかし我が国においては, 図-4 に示すようなスパイクが用いられている。

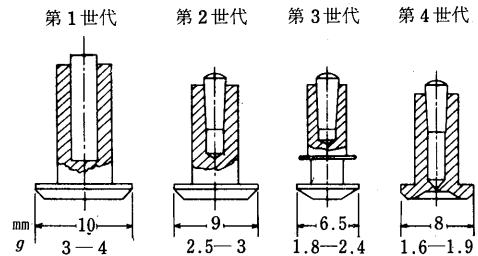
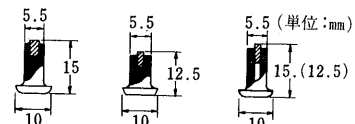
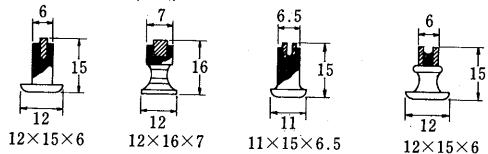


図-3 スパイクの変遷

(1) 乗用車タイヤ用



(2) 小形トラックタイヤ用



(3) トラック及びバスタイヤ用

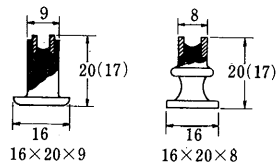


図-4 わが国で製造されている主なスパイク

スパイクタイヤの構造改善としては, 日本自動車タイヤ協会において, 調査研究が行なわれており, 昭和 58 年 5 月 1 日以降の生産品に対し, 表-2 のような自主基準が制定されている。さらに同協会では現在, スパイクピンの小型化, 軽量化と打込み本数の大巾な削減による「第 2 次基準」を検討中であり, これにより「第 1 次基準」に比べ約 30% の摩耗低減が可能なものとして試算している。²⁾

スパイクタイヤの基準に関しては, 運輸省が昭和 58 年度より公害防止の観点から調査を実施しており, 3 カ年計画で, スパイクタイヤによる粉じん, 騒音の発生状況

の調査、走行性能の調査等を実施し、スパイクタイヤの構造基準、装着基準の検討を行うこととしている。その結果は道路運送車両の保安基準による規制もしくは車検時における指導により、徹底が図られ舗装摩耗の低減に効果をもたらすものと期待されるところであり、早急にヨーロッパに劣らぬ基準が設定されることが望まれる。

(2) 舗装構造による対応

雪寒地域の舗装技術は、スパイクタイヤの登場以前から、タイヤチェーンによる摩耗を対象に長年にわたる研究を積み重ねることにより形成されてきたものであり現在耐摩耗性舗装に関する改良は限界に近いといえる。舗装に使用する材料が、鉱物質骨材やアスファルト、セメントによる混合物である限り、これ以上摩耗しない混合物、バインダーの研究・開発を進めてみても、相手が金属である限り、改良の効果はごく僅かに過ぎず、ほぼ限界に近い状況にあり、これらに大きな期待を持ち続けてみても抜本的な問題解決にはならないものと思われる。

しかし、スパイクタイヤが現在直ちに全廃される状況ではなく、仮に全廃されても、タイヤチェーンによる摩耗は残されるわけであり、今後もできるだけ、摩耗の少ない舗装の開発を進める必要がある。

積雪寒冷地域のアスファルト舗装の耐摩耗対策を目的とした研究開発は、大学、建設省、舗装会社等の各種の機関で実施されている。材料に関するものとして改質アスファルトや骨材の品質に関する試験研究、設計に関するものとして混合物の粒度や配合設計方法に関する研究、施工に関するものとして密度を高めるための研究などが行われてきている。

また耐摩耗対策には、気象条件、交通条件等によって

差があり、それぞれの地域で骨材の選定、粒度の改善、改質アスファルトの使用、施工法の改善などの種々の試みがなされている。

これらをふまえ、更にスパイクタイヤに主眼をおいた室内試験や試験舗装等を通じ耐摩耗性舗装の研究・開発を行っていく必要がある。

一方、耐摩耗性舗装という観点からするとセメントコンクリート舗装はアスファルト舗装に比べて摩耗量が小さいといわれており、最近では新たな採用も検討されているが養生期間の必要性、大規模な施工機械が必要なこと、また維持修繕が困難なことなどから積極的に採用するためには今後の研究に待たれる点も少なくない。

舗装の摩耗防止対策は、第15回日本道路会議の特定課題にも取り上げられ、議論されるなど、舗装技術の面から大きな問題となっており、研究・開発が盛んであるが、その結論にも述べられているように、スパイクタイヤの改良、装着規制なしで、舗装技術のみで対応することは困難である。³⁾

(3) その他の対策

オーストリア、フランス、イタリアなどではスパイクタイヤ装着車にスピード制限を課している。この規制はスパイクタイヤを装着した車両の速度と舗装の摩耗量とが比例関係にあるといわれていることと、スパイク装着という過信によってスピードを出し過ぎることなどがその根拠になっている。

しかし我が国の場合は欧米に比較して、一般に走行速度が遅く、さらに冬期には低下する傾向にあり、高速道路や一部の地域を除けば、単独では大きな効果は望めないものと考えられる。

表-2 スパイクタイヤ基準

種類	リム径	構造	項目 規 制	形 状	打込本数最大(本)		突出寸法最大(mm) ⁽¹⁾	
					現 行	改 訂	現 行	改 訂
乗 用 車 用	全		ラジアル	ピ ン	154	122	2.0	1.5
			バイアス	ピ ン	126	80	2.0	1.5
小型トラック用	14以下		ラジアル	ピ ン	136	122	2.0	1.5
			バイアス	ピ ン	104	80	2.0	1.5
	15以上		ピ ン	ピ ン	134	102	2.5	1.5
			ラジアル	マカロニ	102	72	2.5	1.5
			ピ ン	ピ ン	92	80	2.5	1.5
			バイアス	マカロニ	90	72	2.5	1.5
トラックおよびバス用	全		ラジアル	マカロニ	96	72	2.5	1.5
			バイアス	マカロニ	94	72	2.5	1.5

- (注) (1) 突出寸法(最大)とは新品タイヤにおけるトレッド表面からスパイク(スタッド)の先端までの寸法をいう。
- 備考
1. 本基準は昭和58年5月1日以降の生産品に適用する。
 2. 産業車両用、建設車両用、ラリー用及び除雪車両に用いるトラック及びバス用タイヤは適用除外とする。
 3. ラリー用タイヤとは、次の要件を満たすものをいう。
 - (1) 単独又は商品名に含めて「RALLY」の文字が刻印されていること。
 - (2) トレッドにはスパイク打込用穴をあけず、打込位置を示すマークのみとすること。
 4. 本基準はJATMA登録制として運用する。登録に関する手続きは別に定める。
 5. 本基準を現行品に適用する場合、スパイク穴の削除跡はユーザーの穴加工を助長しないように、表面はなるべく平滑とし、穴の配列もなるべく整合性があるように留意すること。

4. 路面の維持修繕

(1) 路面の補修工法

スパイクタイヤによる摩耗の被害は、広範囲にわたるものであり、その補修に要する費用は莫大なものである。

舗装の補修は、全面的にオーバーレイすることが望ましいが、摩耗は路面全体に一樣に生ずるものではなくわだち掘の形で発生するものである。このため、苦肉の策として、わだち部のみを補修する工法も採用されている。

車道の全幅員をレベリング層および表層でオーバーレイすれば、新設時と同様の耐摩耗性を得ることができ、かつ路面の平坦性もすぐれたものとなるが、費用が薄層舗装の約2倍、わだちの部分だけ補修する場合の約3倍もかかることから、表面の摩耗だけが問題であれば、薄層舗装や、わだち部だけの補修が実施される場合も多い。

薄層舗装は、路面の凹凸を修正しながら平均厚約3cm程度の薄層でカバーするもので、路面切削を伴う場合もある。また路上表層再成工法も試験的に施工されており、わだち部だけの補修工法としては、ギャップシートを用いた補修工法が開発されている。

さらにセメントコンクリート舗装では、コンクリートによるオーバーレイも検討されている。³⁾

(2) 路面の維持管理への影響

舗装の摩耗は単に維持修繕の問題だけに止まらず、交通安全上の問題も生ずる可能性がある。さらに積雪の少ない一部地域の都市内では粉じんにより生活空間が汚れた生活環境の悪化をもたらしている。

交通安全の問題については、わだちの発生による走行の不安定性、区画線の消滅による走行の混乱などが考えられるが、現在のところその影響を数量的に把握できるところまでには至っていない。

粉じんに対しては、粉じん問題が著しい仙台市において、清掃の強化がなされているが、降下ばいじんの経年変化をみる限りでは目立った効果はあがっていないようである(図-5)。仙台市の場合、年間を通し90%以上が無雪路面であるため、冬期間においても清掃の強化ができたわけであるが、雪寒地域の多くは、路面の積雪、凍結のため冬期間の清掃は困難である。(p. 10 図-8 参照)

5. まとめ

冬期舗装摩耗の大部分はスパイクタイヤを原因とするものであり、さらに現在のスパイクタイヤの使用状況はその性能が過信され必要以上に使用されている為舗装の摩耗が一層ひどくなっているものと思われる。しかしな

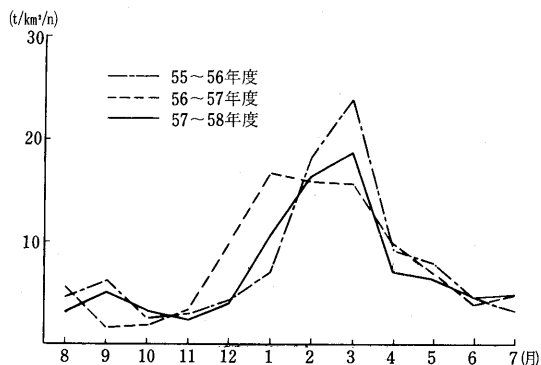


図-5 仙台市における降下ばいじん量の推移例

がら凍結路面においてはスパイクタイヤの効果があることは否定できず、スパイクレスタイヤの性能向上など代替防滑装置の開発には時間がかかるとすれば、当面はある程度スパイクタイヤの使用を容認したうえで摩耗対策を考える必要がある。無論走行スピードの低下を覚悟すれば、現在のスパイクレスタイヤの性能でも交通安全上の問題は生じないことになるが、ただでさえ積雪地では冬期の交通活動が落ち込んでいる現状を考えると今以上に走行性を低下させることが必ずしも望ましいとは考えられない。

従って当面の対策として主要なものとなるのは、ピンの構造改良を主とするスパイクタイヤの改良と、その部分的使用制限である。

とにかくこれら実施可能な対策を早急に実施し、少しでもスパイクタイヤによる摩耗の減少を図り、更に長期的な方策により摩耗低減の効果を高めていく必要があろう。

なお建設省では、57年度から2箇年の予定でスパイクタイヤ対策調査特別委員会を設置しスパイクタイヤ対策等を検討している段階であり現時点ではまだ、結論を得るに至っていないものである。従ってここで述べた対策の評価に関する部分については筆者の私見に過ぎないことをお断りしておく。

参考文献

- 1) 久保 宏：諸外国におけるスパイクタイヤ規制の背景と経緯、北海道開発局土木試験所月報、No. 356, 1983. 1
- 2) 日本自動車タイヤ協会：みんなで考えようスパイクタイヤ問題、昭和58年7月
- 3) 日本道路協会：第15回日本道路会議論文集、昭和58年10月

附表-1 ヨーロッパにおける使用規制

標準区分	国	フィンランド	ノルウェー	スウェーデン	スイス	オーストリア	ベルギー	フランス	イタリー
期	車区分	3.5t未満	3.5t以上	3.5t未満	3.5t以上	3.5t未満	3.5t以上	3.5t未満	3.5t以上
使用	重量 (t)	3.5t未満	3.5t以上	3.5t未満	3.5t以上	3.5t未満	3.5t以上	3.5t未満	3.5t以上
速	度 (km/h)	高速120, 一般80, 100, 120	高速80, 一般50	10/1~4/30	(11/1~4/1) 地区, 気象別	高速100, 一般80	高速90, 一般60	90	高速120, 一般90
基	装 着 位 置	2.6t以下	同一軸	全 輪	全 輪	全 輪	全 輪	全 輪	全 輪
準	スバイク本数差	20%以下	ほぼ同数	20%以下	20%以下	20%以下	20%以下	20%以下	20%以下
タ	イ ヤ 構 造	20%以下	ほぼ同数	20%以下	20%以下	20%以下	20%以下	20%以下	20%以下
標	認 可 証	150	110	150	150	12/以下 110	12/以下 110	12/以下 110	12/以下 110
打	込 本 数 (max 本)	(10~22/トレッド 300%)	(バス: 220) (荷重100kg)	(2.5gは 250)	(2.5gは 250)	13/以上 130	13/以上 130	13/以上 130	13/以上 130
品	突出寸法 (max %)	1.2	1.2	1.5	1.5	1.0~1.5 (使用時2.0)	1.0~1.5 (使用時2.0)	1.5~1.8	2.0~2.5
質	フランジ径 (max %)	1.2	1.2	1.7	1.7	6.5	6.5	6.5	8
基	チップ径 (max %)					1.2~3.0	1.2~3.0	2	3.5
準	重量 (max g)					2	2	2	3.5
打	込 位 置	マカロー禁止 (ラリータイプも)	マカロー禁止	マカロー禁止	マカロー禁止	1.0	1.0	1.0	1.0
そ	の	スバイク基地 200 N以下 350 N以下 2.2以上は 250 N以下	スバイク (20 ± 4℃時) 200 N以下 350 N以下 2.2以上は 250 N以下	スバイク (20 ± 4℃時) 200 N以下 350 N以下 2.2以上は 250 N以下	スバイク (20 ± 4℃時) 200 N以下 350 N以下 2.2以上は 250 N以下	メーカ指定	メーカ指定	メーカ指定	メーカ指定
		中央1/3 幅禁止	中央1/3 幅禁止	中央1/3 幅禁止	中央1/3 幅禁止	中央1/4 幅禁止	中央1/4 幅禁止	中央1/4 幅禁止	中央1/4 幅禁止

(注) 1. スバイクタイプの使用を禁止した国には、西ドイツ, 東ドイツ, オランダ, ギリシャ, ルクセンブルグ, チェコスロバキア, ルーマニア, ユーゴスラビアがある。
2. N = ニュートン (力) の略 1 kg = m/s²

附表-2 カナダにおける使用規制

州名	使用条件	備考
Ontario	全 面 禁 止	1971年4月1日から実施
British Columbia	10月1日 ~ 4月30日	
Manitoba	11月1日 ~ 4月1日	
Quebec	10月15日 ~ 5月1日	1981年の州規則**
Nova Scotia	10月1日 ~ 4月15日	4月30日まで延期できる
New Brunswick	10月15日 ~ 5月1日	
Alberta	自 由 使 用	
Sas Katchewan	自 由 使 用	

* : W. A. Phang, Head, Pavement Research, Ministry of Transportation and Communications, Canada による。
** : 2.3 ton 以下の車両, レジャーカー, スノーブローカー, 道路維持車, 消防車, 警察車, 救急車に限って許されている。

附表-3 アメリカ合衆国における使用規制

年 州名	スパイクタイヤの使用規制・期間			備 考
	1977~'78	1979~'80	1981~'82	
Alabama	禁 止	自由使用	自由使用	1984年までの間。
Alaska	9/30~4/15*	標識による	北部9/15~5/1 南部9/30~5/15	
Arizona	10/1~5/1			
Arkansas	11/15~4/15			
California	10/1~5/1		11/1~4/1	
Colorado	自由使用			
Connecticut	10/15~5/1		11/15~4/1	
Delaware	10/15~4/15			
District of Columbia	10/15~4/15			
Florida	自由使用	禁 止		
Georgia	自由使用	禁 止	自由使用	11/5~4/1の郵便車は使用可。 ピン突出量2.4mm以下。
Hawaii	禁 止			
Idaho	10/1~4/15			
Illinois	禁 止			
Indiana	10/1~5/1			
Iowa	11/1~3/31	11/1~4/1		
Kansas	11/1~4/15			
Kentucky	自由使用			
Louisiana	禁 止			
Maine	10/1~4/30	10/1~5/1	10/2~4/30	1975年、消防車、スクールバスは常時使用可 装着率30%。 地域によって11/1~3/31まで使用可。 警察、救急、郵便車は使用可。軟質スパイク 11/4~4/1許可。 1971年実施。
Maryland	10/15~4/15		禁 止	
Massachusetts	11/1~5/1		11/2~4/30	
Michigan	11/1~4/1	北部地域のみ 10/1~5/1		
Minnesota	禁 止			
Mississippi	禁 止			
Missouri	11/1~4/1	11/1~3/31		
Montana	10/1~5/31			
Nebraska	10/1~4/15	10/15~4/15	禁 止	
Nevada	9/1~4/30	10/1~4/30		
New Hampshire	自由使用			地域によって一部制限がある。 1964年実施、スクールバス、公用車は使用 可、装着率6%、フランジ径く9.5mm。
New Jersey	11/15~4/1			
New Mexico	制 限	自由使用	一部制限	
New York	10/15~5/1		10/16~4/30	
North Carolina	自由使用			
North Dakota	10/15~4/15			
Ohio	11/1~4/15			
Oklahoma	11/1~4/1			
Oregon	11/1~4/30			
Pennsylvania	禁 止		11/1/3/31	スクールバス、緊急車は常時使用できる。ピン 突出量く1.0mm。 1979年実施、ピン突出量く1.5mm。
Phode Island	10/31~3/31	禁 止	11/15/4/1	
South Carolina	禁 止		自由使用	
South Dakota	自由使用		10/15/4/15	
Tennessee	自由使用			
Texas	禁 止	制 限		
Utah	10/15~3/31			
Vermont	自由使用			
Virginia	10/15~4/15			
Washington	10/1~4/1		11/1~4/1	スパイクはあまり使用されていない。 金属スパイクピンは禁止。
West Virginia	11/1~4/1	11/1~4/1		
Wisconsin	禁 止			
Wyoming	自由使用			

* : 9/30~4/15は9月30日から4月15日までスパイクタイヤを使用できる。法律では4月16日から9月29日まで使用が禁止されている以下同じ

** : 矢印は規制・期間の変更なし、以下同じ

「アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議（3）」

前回到続いて国際会議のセッションⅡをお届けする。
執筆者の田井氏は第1回研究報告（昭和53年10月）でも「疲労クラック」を担当しているので、ご記憶の方も多いかと思う。現在、第17回研究報告まで担当者が決っており、それぞれ執筆にとりかかっている。

月1回の勉強会では物足りないという見方が、メンバーの間に根強く残っており時々顔を出す。その不満解消の一手段として、半年前から「情報紹介」を毎回持ちよることにしている。これは、A4のレポート用紙1枚に各自がまとめてくるもので、自分が1ヵ月間に勉強したもののうち、他のメンバーが興味を持ちそうな情報の紹介を主とするが、随筆的なもの、自己紹介、何でもOKで、気楽に提出できるようになっている。欠席者も届けてくるため、毎回、相当量のニュースが入手できる。いくつかの例を提供者名とタイトルだけ、右欄に列記しておく。

秋本隆：「逆勾配の道路」

阿部忠行：「エントロピーの法則」

飯田章夫：「最近入手した古今の舗装文献」

池田拓哉：「BI SAR の界面すべりについて」

井上武美：「台湾出張およびOthers」

大久保高秀：「首都高速道路・特徴のある構造物」

太田健二：「第17回PI ARC の概要」

大坪義治：「疲労試験（歪制御）について」

竹田敏憲：「管理瑕疵」

西沢典夫：「リビアでの体験」

野村健一郎：「再生添加剤のN/Pと再生能力」

八谷好高：「行楽地ガイド」

羽山高義：「道建協・海外技術調査団に参加して」

姫野賢治：「マイコンの活用法」

吉村啓之：「文献リスト（ホィールトラッキング）」

（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
秋 本 隆 日瀝化学工業㈱業務技術課
阿部 栄 三 シエル石油㈱アスファルト部
阿部 忠 行 東京都第一街路整備事務所
荒 井 孝 雄 日本舗道㈱技術研究所
安 崎 裕 建設省大臣官房技術調査室
飯 田 章 夫 日本道路公団名古屋建設局企画調査課
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
大久保 高 秀 首都高速道路公団工務部設計技術課
太 田 健 二 日瀝化学工業㈱技術課
大 坪 義 治 日瀝化学工業㈱関東営業所
亀 田 昭 一 日本大学理工学部土木工学科
古 財 武 久 大成道路㈱技術研究所
佐 藤 喜 久 鹿島道路㈱東京支店技術部
東海林 更二郎 日本舗道㈱工事開発部
田 井 文 夫 日本道路㈱技術研究所

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 羽 和 裕 ㈱バスコ道路調査部
梶 木 博 日本道路公団試験所土工試験室
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㈱技術研究所
野 村 健一郎 大成道路㈱技術研究所
野 村 敏 明 日瀝化学工業㈱技術研究所
林 誠 之 日本石油㈱中央技術研究所
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 野 賢 治 東京工業大学工学部土木工学科
福 手 勤 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所
松 本 俊 雄 日本大学理工学部土木工学科
吉 川 文 夫 日瀝化学工業㈱技術研究所
吉 村 啓 之 前田道路㈱技術研究所

セッションⅡ：検証

田 井 文 夫*

1. まえがき

「第5回アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議、セッションⅡ：検証」には各国の研究者より9編の論文が報告されている。これらの論文は、追跡調査や実物大の舗装試験結果にもとづいて舗装厚の設計法、舗装の破損および供用性予測法の検証を行なうことを研究目的としている。ここに検証 (Verification) とは、測定値と予測値 (計算値) の比較から設計法の妥当性、予測法の適用性を検討することをいう。

本セッションの各論文は、構造設計に関する研究の流れにおいて次のように位置づけられよう。

1つは、AASHO 道路試験以来、舗装の挙動、供用性の調査結果を構造設計にフィードバックし、より適切な設計法を確立していこうとする研究である。このような研究として Scazziga⁴⁾, Gichaga²⁾, Ros ら⁶⁾, Hugo ら⁵⁾の研究がある。これらの研究者は、現在採用されている設計法による舗装厚の適否を実際の舗装の供用状態から検討している。また Hudson ら³⁾は理論的設計法における設計基準の確立を現場データにもとづいて行なっている。

もう1つは、舗装の設計をシステム化した舗装管理システムの開発において、構造設計と維持修繕計画とを関連づけようとする研究である。このような研究では、舗装の破損および供用性予測法の検証が重要である。破損予測法の検証に関するものには Saraf⁸⁾, Brown ら¹⁾, Bolk⁷⁾の研究がある。Saraf は道路試験結果の理論解析より開発した予測法の適合性を、Brown ら、Bolk は室内試験結果より開発した予測法の適用性を検証している。また Kenis ら⁹⁾は各破損予測値を用いて供用性を予測する方法の予測精度を AASHO 道路試験結果より検証している。

以上のようなことから、本文では本セッションの各論文を、

① 現行の舗装構造設計法の検証

② 破損予測法の検証

③ 供用性予測法の検証

に区分し、以下に各論文内容を個々に紹介する。

2. 現行の舗装構造設計法の検証

2-1 新設舗装の設計法

現在各国で採用されている設計法を分類すると、おおよそ次のようになる。

① 北米、西欧の主な国の大部分は半経験的設計法を用いている。これら設計法の多くは、AASHO 道路試験の結果にもとづいているが、各国の気象条件、交通条件などに適合するよう修正され、独自の設計法として今日に到っている。

② イタリア、オランダ、チェコスロバキアなどでは理論的設計法を用いている。

③ 発展途上国では独自の設計法をもつ国もあるが、その多くは、旧宗主国の半経験的設計法などを用いている。

本セッションでは、Scazziga⁴⁾が上記①に分類されるスイスの設計法を、Gichaga²⁾が③に分類されるケニアの設計法を、Ros ら⁶⁾が②に分類されるオランダの設計法を、検証している。

(1) 半経験的設計法

スイスの設計法は、基本的には AASHO 道路試験の成果と凍上対策を組み合わせたものである。

Scazziga⁴⁾は、スイスの設計法による舗装厚の適否を次の2つの方法で検討している。1つの方法は供用中の舗装の PSI (サービス指数) (以下、測定値) と AASHO の PSI 計算式による値 (以下、計算値) とを比較する方法である。PSI の測定値は、縦断凹凸、ひびわれ率、わだち掘れの測定値を(1)式に代入して求めた値である。PSI の計算値は(2)式で計算された値である。

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log (1 + SV) - 0.01 \sqrt{C+P} - 1.38 RD^2 \quad (1)$$

ここに SV ; 縦断凹凸の分散の平均

C+P ; ひびわれ率

RD ; わだち掘れ深さ

*たい ふみお 日本道路㈱技術研究所

$$\log\left(\frac{4.2-P_t}{2.7}\right) = \beta \left\{ \log W_{t18} + 0.20 - 9.36 \log (\overline{SN} + 1) + 0.372(S - 3.0) \right\} \quad (2)$$

$$\text{ここに } \beta; 0.40 + \frac{1094}{(\overline{SN} + 1)^{51.9}}$$

$\overline{SN}$; 舗装厚指数

P_t ; 供用期間 t におけるサービス指数

W_{t18} ; 供用期間 t における 18 kips (8.2 ton) 単軸荷重通過数

S ; 舗装の路床支持係数

もう1つの方法はスイスの設計法と他の設計法による舗装厚を比較する方法である。

PSI の測定値と計算値の比較は、表層、基層、上層路盤からなるアスファルト層厚がほぼ同じで、3タイプの下層路盤 ①通常の粒状材料を使用、②上部にセメント安定処理材料、下部に粒状材料を使用、③上部に粒状材料、下部にセメント安定処理材料を使用)を用いた舗装

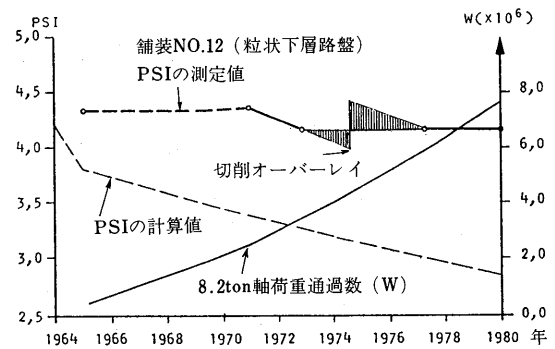


図-1 PSIの測定値と予測値の比較

について行なっている。図-1は比較結果の一例を示したものであるが、いずれの舗装においても PSI の測定値は計算値より 0.6 ~ 1.2 大きい。この PSI の差は舗装厚指数 1.5 に相当し、スイスの設計法は高品質なアスコン等値厚で 10cm のオーバーデザインになるとしている。

図-2はスイスの設計法と他の設計法による舗装厚の比較を示す。スイスの設計法は比較した設計法の中では

舗装のタイプ	C B R	設計交通量 (10^6 8.2 Ton 標準軸荷重通過数)	設計法				
			スイスの設計標準 SN 640 322	AASHO の設計法	ROAD NOTE 29	Shell設計 マニュアル	PCAソイル セメント舗装
粒状下層路盤	8	$7.3 \cdot 10^6$		AC 80 AC 140 G 460 680	AC 80 DMA 200 G 150 430	AC 180 G 170 350	
フルデプス舗装	4	$22 \cdot 10^6$	AC 80 AC 140 BS 400 620	AC 80 AC 140 BS 320 540		AC 240 240	
セメント処理	4	$7.3 \cdot 10^6$	AC 40 AC 80 CS 490 610	AC 40 AC 80 CS 380 500		AC 150 CS 250 400	AC 90 CS 220 310

AC = アスファルトコンクリート
G = 粒状下層路盤
CS = セメント安定処理

DMA = デンスマカダムアスファルト
BS = アスファルト安定処理

図-2 設計法の比較 (単位mm)

最も厚い舗装となり、AASHO¹⁰⁾、Road Note 29¹¹⁾、Shell 設計マニュアル (1978年)¹²⁾、PCA¹³⁾の順に舗装厚は薄くなる。

以上のことから、Scazziga は、オーバーデザイン分の1/2のアスコン等値厚5cmに相当する厚さを現行の舗装厚より減じることを提案している。なお、この場合でも凍上対策の検討を必要としているが、具体的には述べられていない。

ケニヤでは、1960年代は Road Note 31¹⁴⁾および Road Note 29¹¹⁾ を、1970年代は同国の CBR法を用いている。

Gichaga²⁾ は1960年代と1970年代の設計法を追跡調査結果より検討している。1960年代の設計法による表面処理を表層とした舗装は15年以上良好な供用性を示している。一方、1970年代の設計法による舗装は厚さ10cmのアスファルト表層を用いているにもかかわらず供用5年以内に破損の兆しがみられる。しかし、上記のような供用性の相違の原因、今後の設計法改正への方角などは報告されていない。

(2) 理論的設計法

オランダでは現在多層弾性理論にもとづいた Shell 設計マニュアル (1978年)¹²⁾ がよく用いられている¹⁵⁾。

Ros ら⁶⁾ は、1971年にオランダの国道で実施された舗装構造の異なる9区間の試験舗装における8年間の追跡調査結果にもとづき、①応力、ひずみの測定値と BISAR コンピュータプログラムによる計算値の比較、②ひずみの測定値と計算値よりそれぞれ推定した設計寿命の比較、③各設計法による舗装寿命の比較ならびに供用性による各設計法の検証を行なった。

図-3は各試験区間の舗装構造を示したものである。応力、ひずみの計算に必要な路床、各舗装構成層のスティフネスは現場または室内試験で決定し、アスファルト混合物については室内疲労特性も評価した。

設計基準はアスファルト層の疲労ひびわれに対するアスファルト層底面の引張りひずみと路床の永久変形に対する路床表面の圧縮ひずみである。設計基準となる2種のひずみの測定値と計算値は、通常のオランダの環境、交通条件下におけるアスファルト層のスティフネスの場合には、ほぼ良好に一致している。

表-1は、アスファルト層のひずみ基準より求めた設計寿命を示したものである。表中の設計寿命は、温度条件として Shell¹²⁾ (1978年) の重みつき年平均気温を用い、ひずみ計算値と測定されたひずみの全データの90%以上がその値より小さくなるひずみをそれぞれ用いて推定した値である。表-2は路床のひずみ基準による設計

1	2	3	4*	5	6	7	8*	9
0.04OAC	0.04OAC	0.04OAC	0.04OAC	0.04OAC	0.04OAC	0.04OAC	0.04OAC	0.04OAC
0.06GAC	0.06GAC	0.06GAC	0.06GAC	0.05GAC	0.06GAC	0.06GAC	0.06GAC	0.06GAC
0.06GAC	0.06GAC	0.06GAC	0.06GAC	0.07GAC	0.06GAC	0.06GAC	0.06GAC	0.06GAC
0.40SCS	0.30SCS	0.15SCS	0.06GAC	0.20 S	0.15SCS	0.20HBS	0.06GAC	0.10 SA
			0.15SCS				0.10SA	
				0.15SCS				
					0.15SCS			

OAC=開粒度アスファルトコンクリート *試験区間4.8は標準的な舗装構造である。
GAC=グラベルアスファルトコンクリート
SA =サンドアスファルト
SCS=サンドセメント処理
S =砂
HBS=水硬性スラブ

図-3 試験区間の舗装構造 (単位mm)

表-1 アスファルト層のひずみ基準による設計寿命の比較

試験区間No.	ひずみ基準 のレベル	設計寿命 (100 KN 軸荷重通過数)			
		BISARモデル(計算値)		測定値	
		A	B	A	B
5	6	—	—	$1.4 \cdot 10^7$	$1.1 \cdot 10^7$
7	6	$1.8 \cdot 10^9$	$3.3 \cdot 10^9$	$5.5 \cdot 10^7$	$5.6 \cdot 10^7$
8	6	$1.2 \cdot 10^{10}$	$7.9 \cdot 10^9$	$3.8 \cdot 10^9$	$2.9 \cdot 10^9$
9	6	$2.0 \cdot 10^9$	$1.5 \cdot 10^9$	$1.1 \cdot 10^9$	$8.7 \cdot 10^8$
8	3	$6.5 \cdot 10^8$	$5.8 \cdot 10^8$	$3.4 \cdot 10^8$	$5.3 \cdot 10^8$

A : Miner 則による12カ月の平均
B : 平均気温14℃を使用
Level 3 : サンドアスファルト層の底面
Level 6 : グラベルアスファルトコンクリートの底面

表-2 路床のひずみ基準による設計寿命の比較

試験区間No.	設計寿命 (100 KN 軸荷重通過数)	
	BISARモデル	測定値
1	$1.3 \cdot 10^{11}$	$2.4 \cdot 10^{11}$
2	$3.1 \cdot 10^{10}$	$4.7 \cdot 10^{10}$
3	$1.1 \cdot 10^9$	$3.2 \cdot 10^8$
4	$3.0 \cdot 10^9$	$6.3 \cdot 10^8$
7	$4.4 \cdot 10^8$	$8.3 \cdot 10^7$
8	$8.6 \cdot 10^8$	$2.2 \cdot 10^8$
9	$1.1 \cdot 10^8$	$2.6 \cdot 10^7$

平均気温14℃を使用

寿命の比較を示す。計算値による設計寿命は、いずれの設計基準においても測定値によるものより長い。したがって、アスファルト層のひずみ基準にもとづく場合には1/2、路床のひずみ基準の場合には1/4を、計算による設計寿命に修正係数として乗じることが望ましいとしている。

全試験区間の舗装寿命を各設計法で求めたものが表-

表-3 各設計法の舗装寿命の比較

	Shell 1963		AASHO の設計法				Road note 29	Shell 設計 マニュアル $E_3=10^8$ N/m ²
試験区 間 No	CBR 10%	CBR 17%	$P_t = 2.5$		$P_t = 2.0$			
			S=5	S=5.6	S=5	S=5.6		
1	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15
2	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15
3	4	9	5	7	7	10	7	>15
4	>15	>15	13	>15	>15	>15	>15	>15
5	< 1	1.5	< 1	1	1	1.5	4	13
6	3.5	10	5	7	7	10	9	>15
7	8 a 14	>15	4.5	6	6	9	15	>15
8	>15	>15	13	>15	>15	>15	>15	>15
9	4.5	12	5	7	7	10	15	>15

3である。供用8年を経ても全区間の舗装は良好な供用性を示していることを判断基準として各設計法の検証を行なっている。Shell 1963¹⁶⁾, AASHO¹⁰⁾, Road Note 29¹¹⁾の設計法は、8年以下の舗装寿命を示す区間がいくつかあり、オランダで適用すると不当に厚い舗装となる。一方、現在オランダでよく使用されているShell設計マニュアル(1978年)¹²⁾は非常に長い舗装寿命を全区間に対して示し、試験舗装区間の多くはオーバーデザインであったとしている。

2-2 オーバーレイの設計法

現在多くの国では既設舗装のたわみにもとづく半経験的設計法を用いているが、ここではHugoら⁵⁾が南アフリカにおけるこのタイプの設計法の検証をしている。またHudsonら³⁾はアルゼンチンの理論的設計法に用いる設計基準の確立について報告している。

(1) 半経験的設計法

南アフリカでは設計法としてAIのたわみ法¹⁷⁾を用いている。Hugoら⁵⁾は、この設計法をオーバーレイ箇所の曲率半径、破損状態などの調査結果と弾性理論解析より検証している。

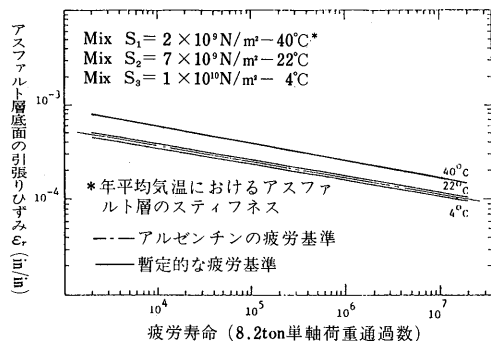


図-4 疲労基準

表-4 設計基準における舗装の破損状態

項 目	暫定的な設計基準	新しい設計基準
疲労ひびわれ	○ AASHOの2級ひびわれ**が舗装面積の約50%	○ AASHOの1級ひびわれ*が舗装面積の50%以下、2級ひびわれが30%以下
わだち掘れ	○ 19 mm	○ 10 mm 以内

* かすかな、不規則なひびわれで、目に見えるはっきりとした模様にならない状態

** ひびわれがはっきりとした模様となり、ひびわれの目が開き、ひびわれの角が欠けはじめるような状態

オーバーレイ箇所は、実際の交通量が設計期間中の交通量に比べてかなり少ないにもかかわらず、車輪走行部近くのオーバーレイ表面から下方へ進行するひびわれが数多く発生している。このタイプのひびわれは、その発生状況よりアスファルト層底面の引張りひずみに起因するものではない。ひびわれは、オーバーレイ表面または表面付近に生じる引張りひずみによることを、表面のたわみ形状(曲率半径)測定結果の理論解析より明らかにしている。したがって、オーバーレイ厚の設計においては、舗装表面の引張りひずみに対しても考慮しなければならないとしている。

(2) 理論的設計法

アルゼンチンではアスファルト層底面の引張りひずみ(疲労基準)と路床表面の圧縮ひずみ(永久変形基準)を設計基準とする理論的設計法を用いてきたが、設計基準値としてはまだ暫定的なものであった。

Hudsonら³⁾はアルゼンチンの材料、環境条件などを十分反映させた設計基準を確立するために、同国各地域の路床条件、気象条件を代表し、交通条件、供用状態の異なる63箇所の舗装調査区間で得られたデータの理論解析を行なった。

設計基準確立のために設定した舗装の破損状態は、アルゼンチンの実状に合ったレベルのものとし、表-4に暫定的な基準の場合と比較して示す。この表に示す破損

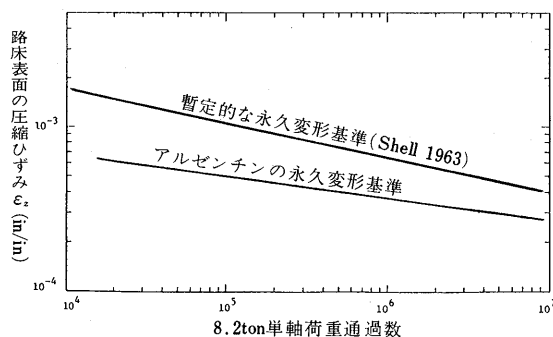


図-5 永久変形基準

状態にある調査区間を対象に、設計基準に用いる2種のひずみの計算値と8.2 ton標準軸荷重通過数の関係を回帰分析し、疲労基準としては(3)式を、永久変形基準としては(4)式を得た。

$$N = 5.35 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{\epsilon_r} \right)^{6.17} \quad (3)$$

$$N = 1.57 \times 10^{-22} \left(\frac{1}{\epsilon_z} \right)^{8.13} \quad (4)$$

ここに N; 8.2ton標準軸荷重許容通過数

ϵ_r ; アスファルト層底面の引張りひずみ

ϵ_z ; 路床表面の圧縮ひずみ

(3), (4)式で示される設計基準は確立されたものとして設計法に新たにとり入れられている。図-4、図-5は、新しい設計基準を暫定的な基準と比較して示したものである。

また設計法が容易に実行されるようにするために、設計基準となるひずみの計算を手計算で行なえ、かつ十分な精度を有する回帰式も開発している。

3. 破損予測法の検証

設計で考慮されるアスファルト舗装の破損はひびわれと永久変形(わだち掘れ)に大別され、前者は疲労ひびわれと温度ひびわれに分けられる。これら破損の予測法は主に舗装管理システムにおける構造設計サブシステムで用いられるものであるが、維持修繕計画と関連させるものとして位置づけられ、予測法の現場データ、フルスケール試験結果による検証(精度確認)はきわめて重要である。以下に破損形態ごとの予測法検証結果を示す。

3-1 疲労ひびわれ予測法

疲労ひびわれ予測法は、①室内疲労試験結果に断続的な交通荷重の载荷の影響などを考慮した適切な補正係数を用いて予測する方法と、②実際の舗装の構造解析結果、交通データ、ひびわれデータにもとづいて、開発された現場疲労曲線を用いる方法とに大別される。

Saraf⁸⁾は、上記②のタイプに分類され、PDMAP コンピュータプログラム(Probabilistic Distress Model for Asphalt Pavements)に導入されている予測法の検証を報告している。この予測モデルは(5)式のとおりである。

$$\log N_f = 5.553 - 3.1805 \log(e) - 1.984 \log(E) \quad (5)$$

ここに N_f ; 許容標準軸荷重通過数

e ; アスファルト層底面の引張りひずみ

E ; アスファルト層のスティフネス

表-5 COLD プログラムによる温度ひびわれ予測結果

舗装 No	1000 ft 当りの 温度ひび われ本数測 定値	COLD 予測値*		温度ひび われの発 生確率	アスファルト の原油、等級
		スティフネ ス(載荷時 間60秒)	スティフネ ス(載荷時 間10秒)		
1	16	No	Yes	54	Amer 85-100
2	11	No	No	41	Amer 85-100
3	0	No	No	45	Amer 85-100
4	0	Yes	Yes	83	Utah 125-150
5	24	Yes	Yes	88	Amer 85-100
6	23	No	Yes	75	Amer 85-100
7	0	No	Yes	53	Phil 85-100
8	20	No	Yes	66	Amer 85-100
9	0	No	No	10	Husky AC-20
10	16	No	No	27	Amer AC-15

* No = 50%の確率で温度ひびわれは発生しないと予測される。

Yes = 50%の確率で温度ひびわれの発生が予測される。

また、この予測モデルは AASHO 道路試験 結果を弾性理論解析して得られたものであり、半経験的な性質もっている。したがって、この予測モデルを AASHO 道路試験とは異なる条件下で適用する場合には、その検証が必要となる。

Saraf は、(5)式の予測モデルをフロリダ州道路局の現場データより検証した。調査箇所はアスファルト表層厚として2インチと3インチを用いており、それぞれの場合について(5)式より予測した疲労寿命と現場で疲労ひびわれが認められた時期とを比較した。その結果、予測値は測定値よりも小さく、表層厚2インチの場合は(5)式による疲労寿命を3.47(修正係数)倍した(6)式が、表層厚3インチでは(5)式の疲労寿命を1.83倍した(7)式が、フロリダ州における予測モデルとして適切なことを見いだした。

表層厚2インチの場合

$$\log N_f = 6.903 - 3.1805 \log(e) - 1.984 \log(E) \quad (6)$$

表層厚3インチの場合

$$\log N_f = 5.816 - 3.1805 \log(e) - 1.984 \log(E) \quad (7)$$

3-2 温度ひびわれ予測法

Saraf⁸⁾は、COLD コンピュータプログラム(Probabilistic Prediction of Low Temperature Cracking)で用いられている温度ひびわれ予測法の検証を報告している。この予測モデルはカナダの Alberta および Manitoba の現場データにもとづいて開発されたものである。その基本となる考え方は、舗装の温度応力がアスファルト表層混合物の引張り強度を越えた時に温度ひびわれが発生するというものである。

Saraf⁸⁾はこの予測モデルをユタ州の10箇所の現場データに適用し、その検証を行っている。結果は表-5に

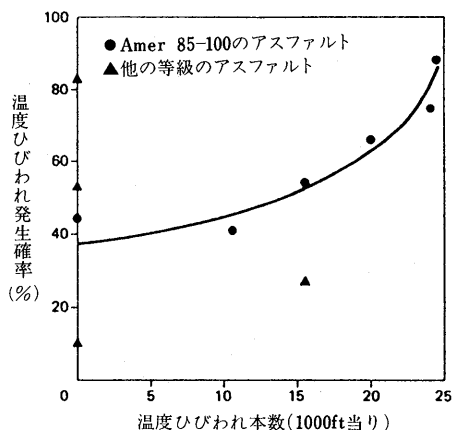


図-6 温度ひびわれ本数とひびわれ発生確率の関係

示す。予測モデルで従来用いてきた荷重時間60秒における表層混合物のスティフネスのかわりに10秒における値を用いると(すなわち予測モデルを修正する), 予測精度がかなりよくなる。また現場で測定された温度ひびわれ本数と修正した予測モデルによるひびわれ発生確率の関係を示したものが図-6である。ここに、ひびわれ発生確率は混合物の引張り強度およびスティフネスの変動係数をそれぞれ25%, 50%として計算した。この図より使用するアスファルトの原油、等級が同じであれば、ひびわれ本数の予測がほぼ可能であるとしている。

3-3 永久変形予測法

舗装の永久変形(わだち掘れ)は路床および各舗装構成層の永久変形を総和したものである。このような永久変形の予測法の検証をBrownら¹⁾, およびSaraf⁸⁾が行なっている。またBolk⁷⁾はアスファルト層の流動によるわだち掘れを対象とした予測法を検証している。

Brownらの永久変形予測法は、路床土、粒状路盤材料、アスファルト混合物についてくり返し3軸試験からそれぞれ得られた永久ひずみと応力、荷重回数との関係式を予測の基本式として用いるものである。すなわち、非線形弾性理論による有限要素プログラムを用いて計算された路床および各舗装構成層の応力をそれぞれ対応する永久ひずみの計算式に代入し、永久ひずみ、永久変形を計算する方法である。

この予測法の検証は、実物大の舗装試験装置による永久ひずみ、永久変形の測定値と計算値の比較で行なった。舗装試験装置は、長さ4.8 m、幅2.4 m、深さ1.5 mの土槽とその上をくり返し走行するタイヤ荷重装置より構成され、土槽内には7種の舗装構造が配置されている。以下に代表的な結果としてNo. 6の舗装の試験結果を示す。

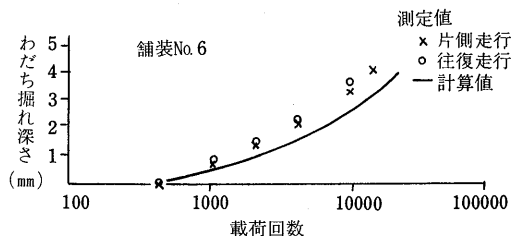


図-7 わだち掘れ深さと荷重回数の関係

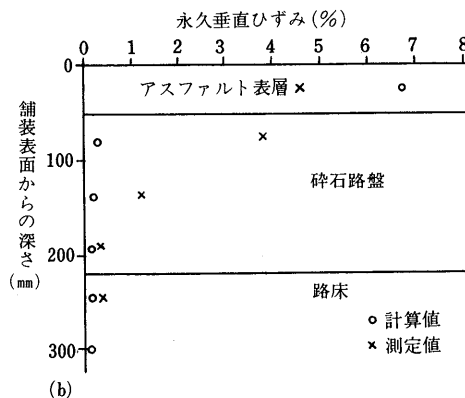
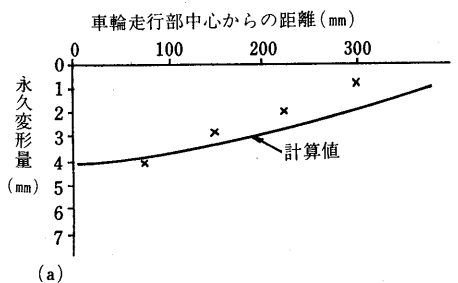


図-8 永久ひびみと永久変形量

す。

図-7はわだち掘れ深さと荷重回数の関係を示したものである。荷重回数にともなうわだち掘れの増加傾向は測定値と計算値ではほぼ良好な一致を示す。

荷重回数70,000回における荷重中心下の永久ひずみと舗装表面の横断形状を示したものが図-8である。永久ひずみの計算値はアスファルト層を除いて一般に低い値となっている。横断形状の計算値は舗装構造によって測定値と一致する場合(図-8)もあるが、一致しない場合もある。これは永久ひずみの計算値に影響を与える応力の計算値が路盤と路床において測定値に比べて低いことに原因している。また図-8の下図は、アスファルト層は硬く、それ以下の層は軟かめにモデル化されたことを示している。今後、応力計算に用いるレジリエント係数(弾性率)に与える密度、含水量などの影響の検討が

必要であるとしている。

Saraf⁸⁾はPDMAPで用いられている永久変形予測法の検証をフロリダ州の現場データで行なった。この予測モデルは(8)式で示され、AASHO道路試験のわだち掘れ測定結果にもとづき、わだち掘れを支配すると考えられる要因と18 kip (8.2 ton) 単軸荷重1回通過当りのわだち掘れの関係を段階的帰帰手法(重回帰分析の一手法)を用いて開発されたものである。

$$\log RR = -5.617 + 4.343 \log(d) - 0.167 \log(N_{18}) - 1.118 \log(\sigma_c) \quad (8)$$

ここに RR : 18 kip 単軸荷重1回通過当りのわだち掘れ (10^{-6} inch)

d : 舗装の表面たわみ (10^{-3} inch)

σ_c : アスファルト層底面の垂直圧縮応力 (psi)

N_{18} : 18 kip 単軸荷重通過数

フロリダ州の現場データにこの予測法を適用すると、わだち掘れの予測値は測定値に比べて小さく、修正モデルとして(8)式によるわだち掘れを68.5倍した(9)式を得た。

$$\log RR = -3.7813 + 4.343 \log(d) - 0.167 \log(N_{18}) - 1.118 \log(\sigma_c) \quad (9)$$

修正モデルによれば、解析した舗装の約90%において、わだち掘れは測定値の $\pm 50\%$ 以内の精度で予測できている。

Bolkの予測法はアスファルト層の流動によるわだち掘れを対象としたものであり、予測式を(10)式に示す。

$$\Delta h_i(t) = h_i \cdot \left(\frac{\bar{\sigma}_{zzi} - 2\mu_{irri} \bar{\sigma}_{rri}}{\sigma_o} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_o}{S_{mix} \mu_{irri}} \right) \quad (10)$$

ここに $h_i, \Delta h_i$: i 番目のアスファルト層(以下 i 層)の最初の層厚および層厚減少値

$\bar{\sigma}_{zzi}, \bar{\sigma}_{rri}$: i 層上面と下面の垂直方向および半径方向応力の平均値

t : 累積荷重時間

σ_o : 接地圧

$S_{mix} \mu_{irri}, \mu_{irri}$: 準動的クリープ試験で測定する i 層に用いる混合物の特性値で、アスファルトのスティフネス(S_{bit})の関数である。

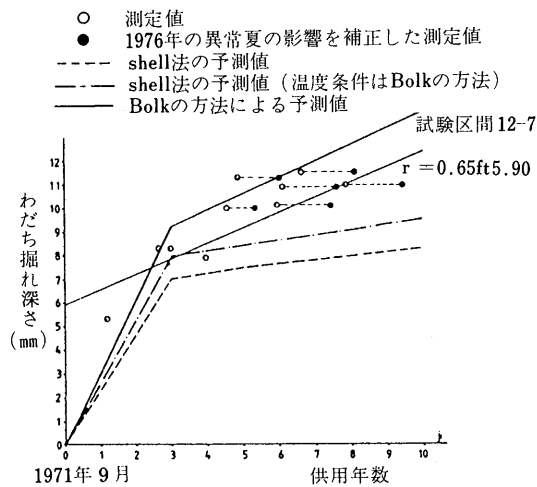


図-9 わだち掘れ深さと使用年数の関係

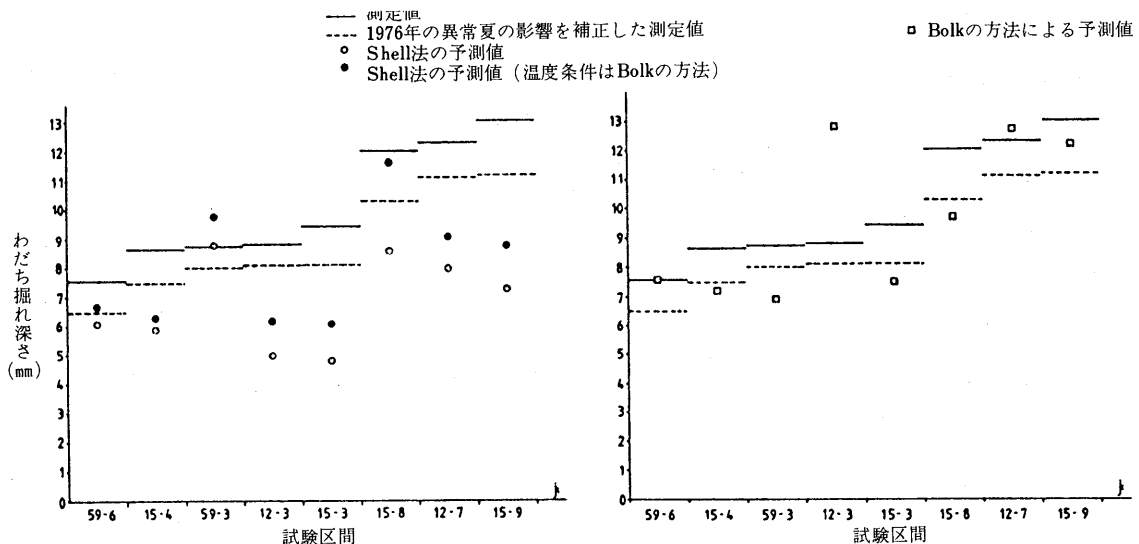


図-10 供用8年後のわだち掘れ深さ

$$S_{mix\ irri} = (\text{载荷応力} / \text{永久ひずみ})$$

$$\mu_{irri} = - (\text{軸方向の永久ひずみ} / \text{横方向の永久ひずみ})$$

この予測法はShellの予測法¹³⁾(以下Shell法)を基礎として開発されたものであり、下記の事項以外はShell法に準じている。なおShell法については阿部¹⁸⁾が詳しく報告しているので参照されたい。

- ① アスファルト層の温度は6時から18時までの月平均気温より推定する。すなわち、 σ_{bit} 、 σ_{zzi} 、 σ_{rri} を求める際の温度条件が異なる。
- ② 準動的クリープ試験(40℃、 $\sigma = 1 \text{ kg/cm}^2$ 、5分载荷5分除荷の12サイクル)で測定された $S_{mix\ irri}$ は動的な荷重の影響を組み入れているので、Shell法のような動的影響の補正はしない。
- ③ 一軸応力状態の準動的クリープ試験結果を⑩式の右辺第2項のように三軸応力状態に補正する。

Bolkはこの予測法の適用性をオランダの国道8箇所の現場データより検討するとともにShell法との予測精度の比較をしている。結果は図-9、図-10に示す。

Bolkの予測法は、図-9のわだち掘れと供用年数の関係においても、図-10の各調査箇所のわだち掘れの大小順位においても、Shell法よりも測定値と一致した予測結果を示す。Shell法は供用年数が長くなると測定値より一般に低い予測結果となるが、この予測法はマニュアルとして整備されており、代替設計の相互比較という面では実用的であると位置づけている。

4. 供用性予測法の検証

舗装の供用性予測は、既に述べてきたように、将来のオーバーレイなど維持修繕計画も考慮した舗装厚の設計を行なう際に重要となる。

Kenisら⁹⁾はVESYS-IV(Viscoelastic System)構造設計サブシステムの供用性予測法をAASHO道路試

験の測定値で検証している。

VESYS-IVは、VESYS-II Mの問題点に改良を加えたものであり、入力として材料特性の季節変動などを追加し、8層までの構造解析を可能とし、破損モデルに温度ひびわれ予測モデル、各舗装構成層の永久変形予測モデルを導入している(なおVESYS-II Mは阿部¹⁹⁾の文献に詳しく紹介されているので参照されたい)。

この予測法は、AASHO道路試験より導き出されたPSI(サービス指数)を供用性の尺度として用い、PSIを左右する縦断凹凸、ひびわれ、わだち掘れを理論的方法で予測し、前出の(1)式より供用性を予測するものである。各破損の予測法はかなり複雑で割愛するが、材料特性、応力、ひずみなどを平均値と分散で示す確率論的なモデルを用いている点に特徴がある。

AASHO道路試験(15区間)において、VESYS-IVによるわだち掘れ深さ、ひびわれ率、PSIの予測値と測定値を比較すると、舗装構造や荷重条件が変化してもかなり良好な予測結果が得られた。図-11は結果の一例である。

5. あとがき

以上、「セッションII」の論文を現行の設計法、破損予測法、供用性予測法の検証に区分して紹介してきた。

当初、各論文内容を分類整理し再構成して紹介しようとしたが、各論文内容はさまざまで、また筆者の力不足もあり、各論文を個々に紹介する方法に後退してしまった。しかし、構造設計に関する研究の流れにおける各論文の位置付けをある程度行なったので、最近の研究の動向はうかがえたかと思う。

合理的な舗装厚設計法の確立および各予測法を実用化するためには、現場データによる検証が必要であり、今後このような緊急の重要性が高まるであろう。

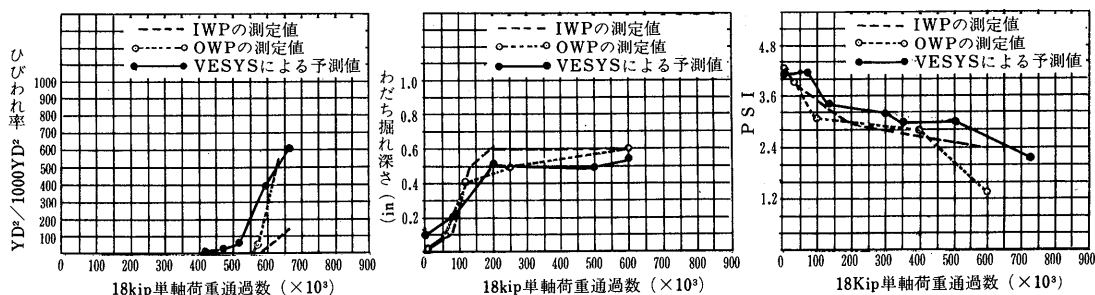


図-11 測定値と予測値の比較

参考文献

- 1) S.F. Brown and J.W. Pappin, "Use of Pavement Test Facility for the Validation of Analytical Design Methods."
- 2) F. J. Gichaga, "Behavior of Flexible Road Pavements Under Tropical Climate."
- 3) R. F. Carmichael, III and W. R. Hudson, "Development of an Asphalt Concrete Distress Criteria Using In-Service Planning."
- 4) I. Scazziga, "Verification of the Design Method for Asphalt Pavements in Switzerland."
- 5) F. Hugo, P. J. Strauss, G. P. Marris and T. W. Kennedy, "Four Asphalt Pavement Case Studies Using a Mechanistic Approach."
- 6) J. Ros, A. C. Pronk and J. Eikelboom, "The Performance of Highway Pavements in the Netherlands and the Application of Linear Elasticity Theory to Pavement Design."
- 7) H. J. N. A. Bolk, "Prediction of Rutting in Asphalt Pavements on the Basis of the Creep Test."
- 8) C. Saraf, "Verification and Calibration of PDMAP and COLD Computer Programs."
- 9) W. J. Kenis, J. A. Sherwood and T. F. McMahon, "Verification and Application of the VESYS Structural Subsystem."
- 10) AASHO, "AASHO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972"
- 11) RRL, "A Guide to the Structural Design of Pavements for New Roads," Road Note 29.
- 12) Shell, "Shell Pavement Design Manual, 1978."
- 13) PCA, "Thickness Design for Soil - Cement Pavements."
- 14) TRRL, "A Guide to the Structural Design of Bitumen Surfaced Roads in Tropical and Sub-tropical Countries," Road Note 31.
- 15) XVI th World Road Congress, Vienna, Question II, Netherlands, 1979.
- 16) Shell, "Shell Design Charts for Flexible Pavements."
- 17) R. I. Kingham, "Development of the Asphalt Institute's Deflection Method for Designing Asphalt Concrete Overlays for Asphalt Pavements," AI, RR 69-3.
- 18) 阿部頼政, 「アスファルト舗装の構造設計における最近の動向(3)」アスファルト 116 pp. 14-23
- 19) 阿部忠行, 「舗装設計システム・VESYS II Mについて」, アスファルト 118, pp. 26-34
(1) ~ 9) は「第5回アスファルト舗装の国際会議」のセッションIIの発表論文である。

原稿募集

本誌では皆様からの原稿を広く募集しております。

次の要領でご投稿ください。

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

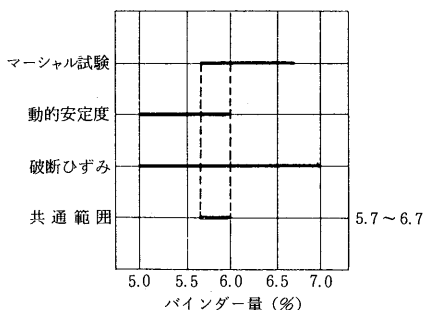
最適アスファルト量

表層・基層用のアスファルト混合物を配合設計する場合、通常はマーシャル試験を行い、混合物の性状が最も良好となるようにアスファルト量を定める。この場合のアスファルト量のことを通常、最適アスファルト量 (OAC) (Optimum Asphalt Content) という。

マーシャル試験の結果をもとに、供試体の密度、空隙率、飽和度、安定度およびフロー値の関係を求め、全ての基準値を満足するアスファルト量の範囲 (一般に共通範囲という) を求め、その中央値を実用上OACとする場合が多い。しかし、アスファルト舗装要綱では次の(1)、(2)の性状を考慮してOACを探る方法も示している。

- (1) マーシャル試験によって得られる骨材間隙率 (VMA) (Voide in the Mineral Aggregate) の極小点と、ホイールトラッキング試験における変形量の極小点が近似するので、一般地域で流動が予想される個所では、共通範囲の中央値から下限の範囲でしかも、VWAの極小点より少なく、S/Fの極大点より多くなる範囲でOACを決める。
- (2) マーシャル試験による安定度が最大になる点と、ラベリング試験によるすりへり量の固定点 (この点よりアスファルト量が少なくなると、すりへり量が急激に悪くなる変曲点のこと) とは対応するので、積雪地域では、共通範囲の上限の範囲で、VMAの極小点より多く、安定度が最大の点より多くならない範囲でOACを決める。

この他、本州四国連絡橋橋面舗装基準では、アスファルト混合物の曲げ試験 (-10°C) と、ホイールトラッキング試験 (60°C) を行い、マーシャル試験の共通範囲と総合した判断からOACを決める方法を取り入れている。(図-1参照)



共通範囲 5.7 ~ 6.0 (%) OAC 5.9 (%)

図-1 OACの決め方の例

有効アスファルト量

アスファルト混合物中の全アスファルト量から骨材への吸収アスファルト量をひいたものを有効アスファルト量 (effective Asphalt Content) という。したがって、有効アスファルト量とは、全アスファルト中で骨材粒子の表面に付着し、バインダーとして作用するアスファルト部分のことであり、アスファルト舗装の供用性としてこの部分の性状に関係するものといえる。

有効アスファルト量は次式によって計算される。

$$Peac = P_{tac} - \frac{Aac}{100} \times Pag \quad (1)$$

ここに

Peac: 混合物 (全骨材量 + 全アスファルト量) 中の有効アスファルト量 (%)

Ptac: 混合物中の全アスファルト量 (%)

Pag: 混合物中の全骨材重量 (%)

Aac: 骨材 100gあたりの吸収アスファルトグラム

計算例. アスファルト混合物中のアスファルト量:

6.12 (%) 吸収アスファルト量 1.26 (%)

$$Peac = 6.12 - \frac{1.26}{100} \times (93.88)$$

$$= 4.94$$

したがって、有効アスファルト量は

$$80.7\% \left(\frac{4.94}{6.12} \times 100 \right) \text{ となる。}$$

骨材のアスファルト吸収性を調べる方法には、日本道路公団のKODAN 212-1975「アスファルト舗装材料の骨材のアスファルト浸漬比重試験方法」が一般に適用されている。ここでは、アスファルト浸漬かさ比重、見かけ比重および浸水によるかさ比重を測定し、吸収アスファルト率 (%) を計算している。一般の碎石では、この値は1~2%程度であるが、コーラルリーフロックなどでは2~3%である。また、実用上は、骨材の吸水量の半分程度が吸アスファルト率としてとりあつかい、アスファルト混合物の配合設計時に参考として、アスファルト量を修正する例もある。

[小島逸平 建設省土木研究所舗装研究室]

針入度指数 (PI)

アスファルトの針入度は、品質規格では25℃の針入度で規定しているが、温度が高くなればアスファルトは軟化し針入度は大きくなり、逆に低温になれば針入度は小さくなる。一般に針入度の対数と測定温度の関係は直線的に変化する。この直線の勾配はアスファルトの温度に対する硬さの変化、つまりアスファルトの感温性を表す。図に示すように、例えばアスファルトA、Bの25℃の針入度はいずれも70であるが、他の温度における針入度は異なる。つまり温度に対する針入度変化の大きい(直線の勾配の大きい)アスファルトAはアスファルトBより感温性大きいといえる。この感温性を表す指数として、Pfeiffer らは、次式による針入度指数 (Penetration Index: PI) を提案した。

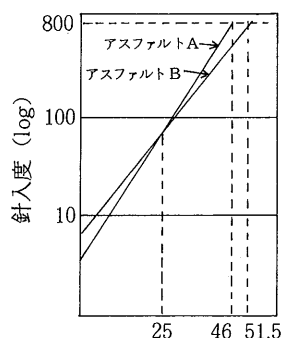
$$a = \frac{20 - PI}{10 + PI} \times \frac{1}{50}$$

a は図の直線の勾配を表すが、一般にアスファルトの軟化点における針入度は約 800 になるので、次式により求められる。

$$a = \frac{\log 800 - \log P}{T_{R\&B} - 25}$$

ここに P: 25℃ での針入度, $T_{R\&B}$: 軟化点 (℃)

つまり PI は、アスファルトの基本性状である針入度と軟化点から求められる。ただし Heukelom によると、軟化点における針入度は、高軟化点のアスファルトでは 800 以下となり、逆に比較的、低軟化点で、かつワックス分の多い (3~6% DIN WAX) アスファルトでは 800 以上になることを指摘し、PI を求めるさい軟化点の代りに、温度—針入度直線から外挿される針入度が、800 となる温度 (T_{800}) を用いることを推めている。



アスファルト	A	B
針入度	70	70
軟化点	46℃	51.5℃
PI	-1.5	0

針入度試験温度 (℃)

スティフネス (Stiffness)

アスファルトは粘弾性体で、応力により生ずる変形量は温度と载荷時間の両者の影響を受ける。つまり高い温度領域、あるいは载荷時間が非常に長い場合にはアスファルトは液体の挙動を示す。一方温度が非常に低い場合や载荷時間の短い場合には弾性体としての挙動を示し、この中間領域では粘弾性体としての挙動を示す。アスファルトのこのような複雑な力学性状を理論的に表す方法として van der Poel はスティフネスを次のように定義した。

$$S = \left(\frac{\sigma}{\epsilon} \right)_{T, t}$$

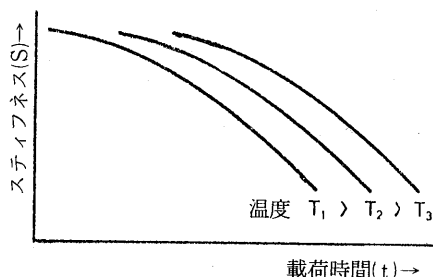
T, t はそれぞれ温度、载荷時間を表す。

つまりスティフネスは弾性体のヤング率または弾性係数に相当するが、温度及び载荷時間のファクターが入ってくる。異なる温度におけるアスファルトのスティフネス (S) と载荷時間 (t) の一般的な関係を下図に示す。

アスファルトが弾性体挙動を示す低温・短载荷時間において、全てのアスファルトのスティフネスは約 $2.8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ の最大値に近づく。一方粘性流動が支配的となる高温・長载荷時間においては、スティフネスはアスファルトの粘度 (η) に比例し、载荷時間に反比例する。つまり

$$S = \frac{3\eta}{t}$$

この中間領域におけるスティフネスは複雑で、アスファルトの性状により異なるが、アスファルトの針入度指数 (PI) と軟化点から、任意の温度または载荷時間におけるスティフネスを簡便に求められる van der Poel のノモグラフが広く用いられている。



異なる温度における载荷時間と
スティフネスの関係

[井町弘光 シェル興産(株)中央研究所]

石油アスファルト統計月報

B5：12ページ ¥400（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
- 石油関係諸元表

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

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

中 中
実費頒価 300円

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

石油アスファルト需給実績(総括表)

(単位:千t)

項目 年度	供		給			需		要			
	期初在庫	生産	対前年 比	輸入	合計	内需	対前年 比	輸出	小計	期末在庫	合計
50年度	182	4,086	(89.4)	0	4,268	4,015	(87.6)	13	4,029	236	4,265
51年度上期	236	2,104	(97.2)	0	2,340	2,045	(99.2)	18	2,060	266	2,326
51年度下期	266	2,050	(106.7)	0	2,316	2,058	(105.2)	4	2,062	256	2,318
51年度	236	4,154	(101.7)	0	4,390	4,103	(102.1)	22	4,122	256	4,378
52年度上期	256	2,284	(108.6)	0	2,540	2,320	(113.6)	0	2,320	227	2,547
52年度下期	227	2,506	(122.1)	0	2,733	2,445	(118.8)	0	2,445	287	2,732
52年度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53年度上期	287	2,661	(116.5)	0	2,948	2,636	(113.6)	0	2,636	312	2,948
53年度下期	312	2,568	(102.6)	0	2,880	2,582	(105.6)	0	2,582	297	2,879
53年度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54年度上期	297	2,624	(98.6)	0	2,921	2,576	(97.7)	0	2,576	348	2,924
54年度下期	348	2,440	(95.0)	1	2,789	2,562	(99.2)	2	2,564	236	2,800
54年度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55年度上期	236	2,374	(90.5)	0	2,610	2,323	(90.2)	12	2,335	278	2,613
55年度下期	278	2,346	(96.1)	1	2,625	2,380	(92.9)	9	2,389	240	2,629
55年度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
56年度上期	240	2,244	(94.5)	0	2,484	2,215	(95.4)	5	2,220	266	2,486
57. 1~3月	240	1,104	(103.8)	0	1,344	1,089	(99.6)	9	1,098	226	1,324
56年度下期	266	2,354	(100.3)	0	2,620	2,347	(98.6)	14	2,361	226	2,587
56年度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
8月	277	356	(98.6)	0	633	380	(104.4)	0	380	253	633
9月	253	376	(93.8)	0	629	385	(101.3)	3	388	240	628
7~9月	289	1,113	(93.8)	0	1,402	1,159	(96.2)	3	1,162	240	1,402
57年度上期	228	2,149	(95.8)	0	2,377	2,130	(96.2)	8	2,138	240	2,378
10月	240	462	(114.4)	0	702	458	(109.0)	1	459	235	694
11月	235	413	(96.3)	0	648	430	(105.9)	1	431	215	646
12月	215	423	(101.4)	0	638	465	(107.6)	0	465	172	637
10~12月	240	1,298	(103.8)	0	1,538	1,353	(107.6)	2	1,355	172	1,527
1月	172	309	(105.1)	0	481	263	(115.4)	1	264	217	481
2月	217	360	(116.9)	0	577	326	(103.5)	0	326	251	577
3月	251	499	(99.3)	0	750	529	(96.8)	7	536	213	749
1~3月	172	1,167	(105.7)	0	1,339	1,118	(102.7)	8	1,126	213	1,339
57年度下期	240	2,466	(104.8)	0	2,706	2,471	(105.3)	10	2,481	213	2,694
57年度	228	4,561	(99.2)	0	4,789	4,545	(99.6)	18	4,563	213	4,776
58. 4月	213	426	(105.4)	0	639	368	(117.6)	0	368	271	639
5月	271	342	(108.2)	0	613	339	(113.0)	0	339	277	616
6月	277	329	(104.1)	0	606	379	(105.9)	0	379	232	611
4~6月	213	1,097	(105.9)	0	1,310	1,086	(111.8)	1	1,087	232	1,319
7月	232	410	(107.6)	0	642	410	(104.1)	1	411	229	640

[注] (1)通産省エネルギー統計月報 58年7月確報
(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位:千t)

項目 年月	内 需 量					構 成 比					対 前 年 度 比				
	ストレート・アスファルト			ブローンアスファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブローンアスファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブローンアスファルト	合 計
	一般用	工業用	計			一般用	工業用	計			一般用	工業用	計		
50 年 度	3,574	190	3,764	251	4,015	89.0	4.7	93.7	6.3	100.0	84.8	143.9	86.6	104.1	87.5
51年度上期	1,828	93	1,921	124	2,045	89.4	4.6	93.9	6.1	100.0	97.6	120.8	98.5	110.7	99.2
51年度下期	1,802	116	1,918	140	2,058	87.6	5.6	93.2	6.8	100.0	105.6	103.6	105.5	100.7	105.2
51 年 度	3,630	209	3,839	264	4,103	88.5	5.1	93.6	6.4	100.0	101.6	110.0	102.0	105.2	102.2
52年度上期	2,076	113	2,189	131	2,320	89.5	4.9	94.4	5.6	100.0	113.6	121.5	114.0	105.6	113.4
52年度下期	2,166	122	2,288	157	2,445	88.6	5.0	93.6	6.4	100.0	120.2	105.2	119.3	112.1	118.8
52 年 度	4,242	235	4,477	288	4,765	89.0	4.9	93.9	6.1	100.0	116.9	112.4	116.6	109.1	116.1
53年度上期	2,355	136	2,491	145	2,636	89.3	5.2	94.5	5.5	100.0	113.4	120.3	113.8	110.7	113.6
53年度下期	2,283	131	2,414	168	2,582	88.4	5.1	93.5	6.5	100.0	105.2	107.4	105.3	109.6	105.6
53 年 度	4,638	267	4,905	313	5,218	88.9	5.1	94.0	6.0	100.0	109.3	113.6	109.6	108.7	109.5
54年度上期	2,309	100	2,409	167	2,576	89.6	3.9	93.5	6.5	100.0	98.0	74.3	96.7	115.2	97.8
54年度下期	2,311	75	2,386	176	2,562	90.2	2.9	93.1	6.9	100.0	101.2	57.3	98.8	104.8	99.2
54 年 度	4,620	175	4,795	343	5,138	89.9	3.4	93.3	6.7	100.0	99.6	65.5	97.8	109.6	98.5
55年度上期	2,099	87	2,186	137	2,323	90.4	3.7	94.1	5.9	100.0	90.9	87.0	90.7	82.0	90.2
55年度下期	2,134	96	2,230	150	2,380	89.7	4.0	93.7	6.3	100.0	92.3	128.0	93.5	85.2	92.9
55 年 度	4,233	183	4,416	287	4,703	90.0	3.9	93.9	6.1	100.0	91.6	104.6	92.1	91.5	91.5
56年度上期	1,977	103	2,080	135	2,215	89.3	4.7	93.9	6.1	100.0	94.2	118.4	95.2	98.5	95.4
57. 1～3月	963	57	1,020	69	1,089	88.4	5.2	93.7	6.3	100.0	99.7	111.8	100.2	92.0	99.6
56年度下期	2,105	103	2,208	139	2,347	89.7	4.4	94.1	5.9	100.0	98.6	107.3	99.0	92.7	98.6
56 年 度	4,082	206	4,288	274	4,562	89.5	4.5	94.0	6.0	100.0	96.4	112.6	97.1	95.5	97.0
8 月	338	22	360	20	380	88.9	5.8	94.7	5.3	100.0	103.7	169.2	106.2	80.0	104.4
9 月	340	22	362	23	385	88.3	5.7	94.0	6.0	100.0	100.6	100.0	100.6	115.0	101.3
7～9月	1,025	69	1,094	65	1,159	88.4	6.0	94.4	5.6	100.0	95.1	125.5	96.6	90.3	96.2
57年度上期	1,867	140	2,007	123	2,130	87.7	6.5	94.2	5.8	100.0	94.4	135.9	96.5	91.1	96.2
10月	403	31	434	24	458	88.0	6.8	94.8	5.2	100.0	105.2	238.5	109.6	100.0	109.0
11月	376	31	407	23	430	87.4	7.2	94.6	5.4	100.0	101.3	258.3	106.3	100.0	105.9
12月	398	43	441	23	464	85.8	9.2	95.0	5.0	100.0	102.6	204.8	107.8	100.0	107.4
10～12月	1,177	105	1,282	70	1,352	87.0	7.8	94.8	5.2	100.0	103.1	228.3	107.9	100.0	107.5
1 月	197	43	240	23	263	74.9	16.4	91.3	8.7	100.0	106.5	226.3	117.6	95.8	115.4
2 月	260	44	304	22	326	79.8	13.5	93.3	6.7	100.0	94.2	275.0	104.1	95.7	103.5
3 月	470	39	509	20	529	88.8	7.4	96.2	3.8	100.0	93.6	177.3	97.1	90.9	96.9
1～3月	927	126	1,053	65	1,118	82.9	11.3	94.2	5.8	100.0	96.3	221.1	103.2	106.2	102.7
57年度下期	2,104	231	2,335	135	2,470	85.2	9.3	94.5	5.5	100.0	100.0	224.3	105.8	97.1	105.2
57 年 度	3,971	371	4,342	258	4,600	86.3	8.1	94.4	5.6	100.0	97.3	180.1	101.3	94.2	100.8
58. 4 月	304	44	348	19	367	82.8	12.0	94.8	5.2	100.0	113.0	183.3	118.8	95.0	117.3
5 月	274	45	319	19	338	81.1	13.3	94.4	5.6	100.0	107.0	180.0	113.5	100.0	112.7
6 月	307	52	359	20	379	81.0	13.7	94.7	5.3	100.0	96.8	236.4	105.9	105.3	105.9
4～6月	885	142	1,027	59	1,086	81.5	13.1	94.6	5.4	100.0	105.1	200.0	112.5	101.7	111.8
7 月	341	50	391	20	411	83.0	12.2	95.1	4.9	100.0	98.3	200.0	105.1	90.9	104.3

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 58年7月確報

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

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

(4)工業用ストレート・アスファルトに燃焼用アスファルトを含む。

(5)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
ア ジ ア 石 油 株 式 会 社	(104) 東京都中央区八重洲2-4-1	03 (277) 6 4 6 0
大 協 石 油 株 式 会 社	(104) 東京都中央区八重洲2-4-1	03 (274) 5 2 1 1
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03 (585) 9 4 3 8
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 3 5 7 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03 (211) 6 5 3 1
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内3-1-1	03 (213) 3 1 1 1
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区紀尾井町3-6	03 (265) 0 4 1 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町2-6-2	03 (270) 7 6 5 1
共 同 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03 (593) 6 1 1 8
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03 (270) 0 8 4 1
丸 善 石 油 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂6-1-20	03 (588) 9 6 1 1
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門1-2-4	03 (595) 7 4 1 2
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03 (244) 4 3 5 9
日 本 ア ス フ ァ ル ト 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区平河町2-7-6	03 (234) 5 0 2 1
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門2-10-1	03 (582) 2 1 1 1
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
日 本 石 油 精 製 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-2	03 (284) 1 9 1 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-1-3	03 (215) 3 0 8 1
シ ェ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03 (580) 0 1 1 1
昭 和 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03 (231) 0 3 1 1
昭 和 四 日 市 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区有楽町1-12-1	03 (211) 1 4 1 1
東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03 (213) 2 2 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 宮城県仙台市港5-1-1	02236 (5) 8 1 4 1

〔ディーラー〕

● 北 海 道

アサヒレキセイ(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通西10-4	011 (281) 3 9 0 6	日 ア ス
中西瀝青(株)札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5	日 石
(株)南部商会札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7 5 8 7	日 石
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西12	011 (231) 5 9 3 1	出 光
株式会社 ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6	丸 善
(株)沢田商行 北海道出張所	(060) 札幌市中央区北2条西3	011 (221) 5 8 6 1	丸 善
東光商事(株)札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011 (261) 7 9 5 7	三 石
(株)トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2 3 6 1	共 石
蔦井石油株式会社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1	丸 善

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
アサヒレキセイ(株)仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222 (66) 1101 日 アス
(株)木畑商会仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (22) 9203 共 石
株式会社 亀 井 商 店	(980-91)宮城県仙台市国分町3-1-18	0222 (64) 6077 日 石
宮城石油販売株式会社	(980) 宮城県仙台市東7番丁102	0222 (57) 1231 三 石
中西瀝青(株)仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-30	0222 (23) 4866 日 石
(株)南部商会仙台出張所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (23) 1011 日 石
有限会社 男 鹿 興 業 社	(010-05)秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852 (3) 3293 共 石
菱油販売(株)仙台支店	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-1	0222 (25) 1491 三 石
正興産業(株)仙台営業所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-5	0222 (63) 5951 三 石
竹中産業(株)新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252 (46) 2770 シェル
常盤商事(株)仙台支店	(980) 宮城県仙台市上杉1-8-19	0222 (24) 1151 三 石
● 関 東		
アサヒレキセイ株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8011 日 アス
朝日産業株式会社	(103) 東京都中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (669) 7878 日 アス
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03 (553) 3001 シェル
富士興産アスファルト株式会社	(107) 東京都港区赤坂1-5-11	03 (585) 7601 日 アス
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2891 丸 善
富士石油販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-12	03 (274) 2061 共 石
富士油業(株)東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03 (478) 3501 日 アス
伊藤忠燃料株式会社	(107) 東京都港区赤坂2-17-22	03 (584) 8555 共 石
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0161 シェル
株式会社 木 畑 商 会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3191 共 石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03 (363) 8231 出 光
極東資材株式会社	(105) 東京都港区新橋2-3-5	03 (504) 1528 三 石
丸紅石油株式会社	(102) 東京都千代田区九段北1-13-5	03 (230) 1131 モービル
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 6290 三 石
三井物産石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田駿河台4-3	03 (293) 7111 極 東 石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-1	03 (272) 3471 日 石
株式会社 南 部 商 会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03 (213) 5871 日 石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-8-3	03 (551) 6101 シェル
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4	03 (915) 7151 昭 石
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03 (271) 7691 出 光
菱東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区八重洲2-7-16	03 (281) 2030 三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座6-7-18	03 (571) 5921 三 石
菱油販売株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿1-20-2	03 (348) 6241 三 石
三徳商事(株)東京支店	(101) 東京都千代田区神田紺屋町11	03 (254) 9291 昭 石
株式会社 沢 田 商 行	(104) 東京都中央区入船町1-7-2	03 (551) 7131 丸 善
新日本商事株式会社	(101) 東京都千代田区神田錦町2-7	03 (294) 3961 昭 石
昭和石油アスファルト株式会社	(140) 東京都品川区南大井1-7-4	03 (761) 4271 昭 石
住商石油アスファルト株式会社	(160-91)東京都新宿区西新宿2-6-1	03 (345) 3904 出 光
大洋商運株式会社	(103) 東京都中央区日本橋本町3-7	03 (245) 1632 三 石
竹中産業株式会社	(101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5	03 (251) 0185 シェル
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03 (274) 2751 三 石
株式会社 トーアス	(160) 東京都新宿区西新宿2-7-1	03 (342) 6391 共 石

社団法人 日本 アスファルト 協会 会員

社 名	住 所	電 話
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-13-4	03 (591) 3 4 0 1 日 アス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (496) 8 6 9 1 日 アス
東新瀝青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-5	03 (273) 3 5 5 1 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (552) 8 1 5 1 日 アス
東和産業株式会社	(174) 東京都板橋区坂下3-29-11	03 (968) 3 1 0 1 共 石
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区揚場町9	03 (269) 7 5 4 1 丸 善
ユニ石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1	03 (503) 4 0 2 1 シェル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6 4 1 1 昭 石

● 中 部

アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1 1 1 1 日 アス
丸 福 石 油	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2 8 6 0 シェル
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡町ト25	0762 (21) 6 1 2 1 三 石
三谷商事株式会社	(910) 福井市中央3-1-5	0776 (20) 3 1 1 1 モービル
名古屋富士興産販売(株)	(451) 名古屋市西区城西4-28-11	052 (521) 9 3 9 1 日 アス
中西瀝青(株)名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5 0 1 1 日 石
三徳商事(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2 7 8 1 昭 石
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7 7 2 1 日 アス
株式会社 沢 田 商 行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7 1 5 1 丸 善
新東亜交易(株)名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3 5 1 4 三 石
静岡鉱油株式会社	(424) 静岡県清水市袖師町1575	0543 (66) 1 1 9 5 モービル
竹中産業(株)福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0776 (22) 1 5 6 5 シェル
株式会社 田 中 石 油 店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1 7 2 1 昭 石
富安産業株式会社	(930-11) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2 2 9 8 共 石

● 近 畿

赤馬瀝青工業株式会社	(531) 大阪市淀川区中津3-10-4-304	06 (374) 2 2 7 1 モービル
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区南堀江4-17-18	06 (538) 2 7 3 1 日 アス
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5 5 3 1 三 石
飯野産業(株)神戸営業所	(650) 神戸市中央区江戸町98	078 (391) 8 9 6 5 共 石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5 1 9 5 日 アス
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1-43	06 (252) 5 8 5 6 日 アス
木曾通産(株)大阪支店	(550) 大阪市西区九条南4-11-12	06 (581) 7 2 1 6 日 アス
北坂石油株式会社	(590) 大阪府堺市戒島町5丁32	0722 (32) 6 5 8 5 シェル
株式会社 松 宮 物 産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	07492 (3) 1 6 0 8 シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8 0 7 3 丸 善
三菱商事(株)大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜1-1-5	06 (343) 1 1 1 1 三 石
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町甲14	0792 (85) 2 5 5 1 共 石
中西瀝青(株)大阪営業所	(532) 大阪市淀川区西中島3-18-21	06 (303) 0 2 0 1 日 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市淀川区豊崎5-8-2	06 (372) 0 0 3 1 出 光
株式会社 菱 芳 砒 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1 3 4 4 共 石
菱油販売(株)大阪支店	(550) 大阪市西区新町1-4-26	06 (534) 0 1 4 1 三 石
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1 5 5 1 昭 石
(株)沢田商行大阪支店	(542) 大阪市南区鰻谷西之町50	06 (251) 1 9 2 2 丸 善
正興産業株式会社	(662) 兵庫県西宮市久保町2-1	0798 (22) 2 7 0 1 三 石
(株)シェル石油大阪発売所	(552) 大阪市港区南市岡1-11-11	06 (584) 0 6 8 1 シェル
梅本石油(株)大阪営業所	(550) 大阪市西区新町1-12-23	06 (351) 9 0 6 4 丸 善

社団法人 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) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 共 石
アサヒレキセイ(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6262 日 アス
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稻荷町6539	08368 (3) 3210 シェル
共和産業株式会社	(700) 岡山県岡山市蕃山町3-10	0862 (33) 1500 共 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051	0864 (73) 0350 日 アス

● 四 国・九 州

アサヒレキセイ(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7436 日 アス
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3625 丸 善
平和石油(株)高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 シェル
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 共 石
入交産業株式会社	(780) 高知市大川筋1-1-1	0888 (22) 2141 三 石
伊藤忠燃料(株)福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (444) 8353 共 石
株式会社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 シェル
中西瀝青(株)福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
(株)南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5	092 (721) 4838 日 石
西岡商事株式会社	(764) 香川県仲多度郡多度町家中3-1	08773 (3) 1001 三 石
菱油販売(株)九州支店	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 日 アス
三陽アスファルト株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 日 アス
(株)シェル石油徳島発売所	(770) 徳島市中州町3-5-1	0886 (22) 0201 シェル

編集顧問

多田宏行
萩原 浩
松野三朗

編集委員

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

アスファルト 第138号

昭和58年12月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 26 No. 138 DECEMBER 1983

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION