

# アスファルト

第33巻 第165号 平成2年10月発行

# 165

## 特集・機能性舗装

特集にあたって	飯島 尚 1
排水性舗装の車道への適用	安崎 裕 2
低騒音舗装	達下文一 5
透水性舗装の河川への対応	小林喜一・鈴木良雄 8
凍結抑制舗装について	川村和幸・二ノ宮秀彦 11
歩きやすい舗装	岩井立雄 17
磁性体の誘導機能性舗装への適用	
外部空間のデザイン手法と舗装材について	坂口陸男・谷本誠一・山内文雄 23 石田勝大 32
舗道にて	田中輝栄 35

## 〈アスファルト舗装技術研究グループ・第5回報告〉

アスファルト舗装工学を目指して(2)	姫野賢治 37
交通荷重の測定とその利用	峰岸順一・金井利浩・村山雅人 38
〈工事事務所長シリーズ・その42〉	
建設事業のイメージアップと酒田工事事務所の3大スローガン	西川和廣 49

## 〈用語の解説〉

排水性舗装	小島逸平 52
アスファルトルーフィング	高橋正明 54
〈資料〉平成元年市販アスファルトの性状調査	技術委員会 56
〈統計資料〉石油アスファルト需給統計資料	60

## ASPHALT

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

## 特集にあたって

飯島 尚\*

建設省土木研究所企画部長

最近の国土建設を取りまく環境の変化には誠に著しいものがあり、特に米国からの要求に端を発した内需拡大の動きはついに今後10年間で430兆円の投資を行うこととなった。一口にいえばこれまでの1.5倍以上の支出を持って毎年の公共事業の整備がせまられている訳である。米国のねらいが日本に大幅な投資をせまり、自分達にも仕事を寄こせ、仕事をやりやすくするために発注や契約のしくみを変えろということにあることは先刻承知のことであるが、430兆円の規模はこれまで10年間、公共投資が低いレベルにおさえられて来たことを考えると当然といえば当然のことである。一方ではインフレの懸念やこれ以上に狭い国土のどこに投資をするのかといった近視眼的な議論があるのも事実である。また今までさえ、人手不足、高令化、熟練工不足、資材がない等といった制約条件の中で苦しんでいる建設業が本当に1.5倍以上の仕事量をこなしていけるのか不安の声もあるようである。

このためには米国のいうような「しくみ」の改善や生産性の向上、平準化、体质強化、技術革新を強力に推進する必要があるものと思われる。

さて、430兆円の規模を持って整備を進める訳であるが、端的にいえば我国の社会資本の整備の現状は先進諸国の半分のレベルであり、特にヨーロッパ諸国都市や道路の充実を見たとき、430兆円でもまだまだ道は遠いのではないかとさえ思える。

ところで、現在多くの日本人が海外に出かけている。1年間で1000万人という規模は歴史的に見ても民族の大移動の規模をはるかに越えるもので、急激な意識の変化をもたらしている。その最たるもののがヨーロッパ諸国を中心とする良質な社会資本の現状にふれた多くの人々が、我国の劣悪なる整備状況にガマンがならなくなってきたといふことである。

美しい街、静かな環境、豊かな生活、快適で充足した空間、これらはヨーロッパやあるいはテレビの世界だけのものではなく、多くの人々が求めている現実なのである。隣近な例が高級車であり、快適なマンションであり、都市公園であり、各種のレジャー産業であり、最近では場末の2人用の独身寮などを用意したのでは名の通った有名会社でも若者が集まりにくいということである。

このようなゆとりある質の高い生活の場を作ること

にこそ430兆円は支出されなければならないのである。

上記のような社会の潮流を考えたとき、社会資本の整備のあり方が、これまでのやり方、考え方を基本に進めてもよいものなのであろうか。つまり、最少の投資で最大の効果を求めるといった、いわば経済効率中心の考え方や、必要最少限の機能が備わっていればよいとする考え方では、もはや上記のような質の向上には応えられない。

さらに、従来は制約条件であると考えられていた事項についても意識の変化が必要である。例えば騒音や振動、水質、大気汚染等の環境問題への対応は、経済効率中心の考え方から見れば制約条件以外の何ものでもない。しかし、これからはむしろこのような制約条件により積極的に応えることが、土木本来の業務であり、制約条件をよりよい形で乗りこえる工夫が求められているものといえる。

そして、我国独自の美しい環境と豊かな自然を背景にした高機能、高品質な社会を作り出すこそが土木技術者に求められている責務なのである。

さて、今月号は舗装の分野の新しい動きである「機能性舗装」を取り上げている。排水をよくし、すべりにくくする、また合わせて音も小さくする排水性舗装を始めとして、冬期間でも凍りにくい舗装、足にフィットして歩きやすい舗装、さらに舗装から信号情報が伝達され盲人を誘導する舗装等最新の情報をとりまとめている。

そもそも舗装そのものが本来「走行性向上機能」を持つものであり、以上のような特性は従来も材料や施工の工夫によって付与されてきているのであるが、「機能性舗装」では、各々の特性をさらに特化させて意識的に作り出そうとするものである。

前述したような質の向上を求める種々の社会的ニーズに応えるためには、これ以外にも面白い試みが数多くなされており、景観向上を目的とする舗装も含めて将来の発展が大いに期待されるものである。

余暇時代を迎えて仕事と遊びを両立させる（又は両方を区別しない）必要が叫ばれているが、いわば従来の舗装が本来業務であるとすれば、機能性舗装は「遊び」に属するのかも知れない。ゆとりある社会では両者のほどよい調和が求められているのである。

## 排水性舗装の車道への適用

安 崎 裕\*

### 1. 排水性舗装

道路のわだちに溜る水は、水はねによる走行車両の視界妨害や歩行者への迷惑、またハイドロプレーニング現象による走行時の安全性の低下など、道路管理上の問題となっている。特に、今後整備が予定されている第二東名・名神においては、従来の国道や高速道路以上の高速走行性が求められるため、路面の排水の問題はいま以上に重要となることが予想される。また、都市内幹線の道路整備を進める上で、騒音対策を実施することは必要不可欠な要件となってきている。これまでも、遮音壁等による対策を実施してきたが、高速化に伴ってますますレベルの高い騒音対策が要求されており、従来の遮音壁対策だけでは対応できない面もあり、道路側としてもなんらかの対策をとらなければならぬ状況となっている。

その中で、排水性舗装への関心が舗装関係者の間で、最近、とみに高まってきている。この排水性舗装というのは通常は連続的な粒度で緻密となるべきアスファルト混合物の中間粒分を取り除くことにより、アスファルト混合物層内部に連続的な空隙をもたせ、透水性を有するようにした加熱アスファルト混合物を車道表層に施工したもので、一見、歩道舗装でよくみられる透水性舗装の車道版ともいえるものである。歩道舗装で用いられている透水性舗装とは表層部の機能は似ているが、歩道舗装が水をそのまま路床に浸透させるのに対し、排水性舗装では舗装体としての耐久性に対する配慮から表層の下の層に不透水層を設けて、雨水を路肩部等に排除する点に相違がある。この意味から透水性舗装でなく排水性舗装と呼ばれている。

通常のアスファルト舗装で車道表層に用いられる混合物には雨水等が路盤や路床に浸透して支持力の低下を招くことがないように連続的な骨材粒度とし、緻密なもの(空隙率4%程度、透水係数は $1 \times 10^{-8} \sim 10^{-7}$ cm/sec程度)が使用されている。これに対し、排水性舗

装に用いられるアスファルト混合物は、中間粒径分を少なくすることにより、アスファルト混合物層内部に連続的な空隙をもたせたもの(空隙率10%以上、最近の事例では15~20%程度で透水係数は $1 \times 10^{-2} \sim 10^{-1}$ cm/sec程度)である。なお、排水性舗装に用いられる連続空隙を有する混合物は通常の場合、透水性を有すると同時に交通騒音をも吸収減衰させる効果をも併せ有しているため、排水性舗装は上記の問題の解決のためにおおいに期待されている舗装である。

### 2. 排水性舗装の基本的な問題点

排水性舗装に用いられる混合物は一般の舗装に比べて空隙の多いものであるため、解決すべき基本的な課題として以下の点を有する。

① 混合物の耐久性が通常の混合物(密粒など)より劣る。

空隙が大きいため、水および外気(酸素)に直接さらされる部分が多く、アスファルトの劣化が進行しやすい(混合物が赤茶け、甚だしい場合にはばらばらになる)。また、荷重による変形に対する抵抗性に弱い(ひびわれ、摩耗わだちができやすい)。

② 舗装としての耐久性が通常の舗装より劣る。

水を路盤や路床にそのまま浸透させた場合、これらの層の支持力の低下をきたし、ひいては舗装全体の破壊(ひびわれ)を招く。

③ 機能の持続性。

混合物の表面部分が交通荷重やゴミにより、目潰れあるいは目詰まりしやすい。このことはそのまま、排水性(吸音性)の低下につながる。

### 3. 排水性舗装の実績と技術的課題

わが国で排水性舗装と呼ばれているものに対応するものを、欧米ではPorous Asphalt, Permeable Pavement, Drainage Pavementなどいろいろな名称で呼ん

\*あんざき ゆたか 建設省土木研究所舗装研究室長

でいる。排水性舗装に類するものが初めて車道舗装に用いられたのは、1930年代の米国すべり抵抗の確保を目的に Open-graded Asphalt Friction Course と呼ばれる薄層のプラントミックスのシールコートであった。このタイプは米国で現在もかなり使用されているようである。<sup>1)</sup>ヨーロッパでは1970年代の初めからすべり対策を目的に試験舗装が始められ、1980年代から実施工段階に達したようだ、表-1にも見られるように相当の施工実績がある。これらの試験舗装を通じて、排水性舗装の交通騒音低減効果のあることが知られ、1981年のオランダでのボーラスアスファルトのワークショップで一般的に認められるようになった。<sup>2)</sup>

表-1 欧米の排水性舗装の現状

国名	施工実績(累計)		摘要
	面積(万m <sup>2</sup> )	延長(km)	
オーストリア	160		高速道路100kmに相当
ベルギー	200	130	
フランス			パリーアン間、他の機関も実施
オランダ	180		1989年末3,730万m <sup>2</sup>
ハンガリー			
イタリア	160		フローレンス-ナポリ間、1989年末120万m <sup>2</sup>
西ドイツ	40		
スエーデン	15		
イギリス			国道主体
アメリカ	300		国道A-38バートンバイパスなど
スペイン			ヨーロッパ全域より広い面積
スイス	17		高速(50万m <sup>2</sup> )他

†: 1988年オーストラリアPIARC会議での報告に1990年TRBでの報告を加筆

日本で透水性の混合物を車道に用いた例は古くは昭和51年末に東京都世田谷区の区道で実施した例<sup>3)</sup>があるが、これは雨水を一時的に舗装体内に貯留させ、住宅地での下水道施設の負担軽減を意図したもので、交通量の多い道路での適用を前提としたものでなかった。幹線道路での排水性の向上あるいは騒音低減効果を目的に施工されたのは、昭和62年における東京都の環状7号での施工が初めてである。<sup>4)</sup>以来、高速道路を含め十数箇所の施工例があるが、その数はこの1、2年高速道路を中心に増えつつあるが、その延長は200~500m程度のものが多く、いずれも試験施工目的である。

これらで施工されたもののうち、比較的初期に施工されたものは表層の透水性アスファルト混合物の空隙率を耐久性を考慮して10~12%程度としたものが多く、初期の騒音低減効果は認められる(数dB程度)ものの、その効果は1年程度で長期間持続しておらず、まだ克服すべき多くの課題が残されている。

欧洲に比べ、わが国では交通条件や気象条件等が異なり、排水性舗装の普及あるいは技術の確立が遅れているといえるが、現状における排水性舗装に関する技術的な課題を整理すると表-2のとおりである。

表-2 排水性舗装の技術的な課題

研究課題	現状での評価
混合物の空隙率と透水性(吸音性) 所要の機能を維持するための必要な空隙率(透水性) 骨材形状、石質、粒度による空隙率への影響 空隙率と吸音特性の把握	空隙率10~12%程度では効果が一時的。 影響あると考えられるものの、その程度は不明。 ?
バインダー、添加材の開発 耐水性の向上(剥離防止) 骨材把握力の向上(耐流動、耐摩耗性および安定度の確保) 耐候性の向上(劣化防止)	StAsだけでは混合物の耐久性が劣る。改質As及び添加材を使用するものの、その長期供用性については未確認
混合物の配合設計法 耐剥離性 耐流動性 耐摩耗性 高安定度のある混合物の粒度、As量の決定手法	一般化した配合設計法は未開発 DS1500以上、S:500kgf以上とするものが多い。 耐摩耗性は室内試験では劣る。
舗装構造 透水層の厚さと基層以下の構造 透水層の評価(等値換算係数あるいは摩耗層) 側帯または路肩部の構造(排水処理)	密粒の上に4~5cmの透水As層の施工例が多い。 欧米では、4~8cmのAs層、またCo版の上での施工もある。 端部構造も今後の課題である。
施工性の評価と確認	施工性は、通常のものと大差ないものの、温度管理に注意を要する。
耐久性:効果の持続性の評価と確認(透水性、騒音レベル) 耐久性の評価と確認(わだち、ひび割れ等)	長期にわたる効果の持続性はまだ不十分 長期耐久性の確認は不十分
維持補修方法 洗浄による機能の回復効果 修繕による機能の回復効果	透水性の回復手法は未開発(高压洗浄方法は不適)

#### 4. あとがき

排水性舗装は欧米ではかなり普及しているものの、その効果の持続性がまだ十分でないことから、それを日本の幹線道路に適用するにはまだ問題が多い。しかしながら、排水性舗装は交通安全の面からも、また騒音対策の面からも、非常に優れた特質を有し、道路管理者にとって非常に魅力のある舗装であることも事実である。したがって、道路管理者、施工業者、材料メーカーあるいは機械メーカーなどの協力により排水性舗装における技術的課題を早期に克服して、これらの舗装が実用に供されることが望まれる。

#### — 参考文献 —

- 1) 諸外国におけるポーラスアスファルトの概況（その1），平成2年5月，佐藤道路kk内部資料
- 2) Studie Centrum Wegenbouw, Proceedings of International Workshop on Porous Asphalt, Netherlands, 1981
- 3) 桜井ほか：透水性舗装の車道への適用、舗装、昭和52年6月
- 4) 達下ほか：低騒音舗装の試験施工と結果、舗装、昭和63年11～12月

## 重交通道路の舗装用アスファルト 「セミブローンアスファルト」の開発

B5版・132ページ・実費頒価 3000円(送料実費)

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

#### 目次

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

## 低騒音舗装

達下文一\*

道路走行自動車による騒音の低減化対策の内、タイヤ及び舗装の関連での研究は、この十数年来、北欧諸国や西ドイツ、フランスなどが中心になって進められてきている。<sup>1)</sup>

我が国においても、舗装による自動車騒音低減化への試みは、1987年の東京都施行による東京都大田区内、環状七号線での試験舗装<sup>2)</sup>を皮切りに、各地において試験的広まりを見てきた。

### …低騒音舗装とは…

現在、施行されている自動車走行に伴う沿道での騒音の舗装による低下方法は、連通した空隙をもつ表層、いわゆる透水性舗装によって走行自動車のタイヤと路面の接触による破裂音や摩擦音などの「転がり騒音」の発生を抑制するとともに、車両に搭載されたエンジンやギヤなどによる「駆動騒音」を路面ですぐに反射させずに表層内に吸収しようとするものである。

したがって舗装としては、歩道を中心に1973年頃から東京都で採用し、都道としては、現在、約140万m<sup>2</sup>に達した透水性舗装の車道舗装への採用に位置づけられる。しかし車道と歩道の舗装では、材料及び構造設計上、そして施工及び維持管理、更には補修の上から異なることが多い。その違いの基本は、重交通に耐え、透水機能を発揮し続け得ることである。

特に、都内で低騒音舗装を必要としている道路は、D交通にあって過積載車の混入割合が多く、歩道幅員が狭く木造住宅の連担した沿道地域である。このような地域は、自動車交通振動も問題となっており、自動車交通騒音と相乗作用を醸し出していることが多い。そのため低騒音舗装の必要な沿道は、低振動舗装をも必要としているのである。これらへの抜本的な解決策は、距離減衰のための緩衝地帯の設置であるが、そのための用地の確保は、ほとんど不可能な情況にある。そこで現状の低振動舗装<sup>3)</sup>は、やはり走行自動車タイヤ

の路面での接触「跳びはね」による振動の発生抑制とその振動の伝播減衰性を高める方法が、次善の策として試行採用している。したがって低振動舗装とは、路面性状の内、特に、平坦性の施工及び維持管理の基準値を高めるとともに、特殊構造設計による剛性の高い舗装構造、例えば路床改良とサンドウイッチ舗装を併用した舗装を採用するなどすることが最低限必要な措置である。

ところが透水性歩道舗装のほとんどは、荷重負担の少ないと、施工性に優ることからアスファルト混合物によっている。しかし、これらアスファルト混合物は劣化が早く、また、ごみや泥などによる目詰まり、すなわち透水機能の低下も早く、その回復方法に未だ不十分さが残ることなどから維持管理上、各種の弱点を持っている。そこで、我が国の低騒音舗装は、このような歩道舗装の弱点を補強し、更には荷重による目詰まりを防止し、かつ低振動舗装の要素を組み込む必要がある。

### …試験舗装は…

現在のところ東京都での低騒音舗装は、舗装の維持補修工法として試みていることから、夜間施工／早期交通解放という早期施工の命題をもって、開粒のアスファルト混合物によるオーバレイ及び上層路盤の一部までを打換え強化した舗装の表層として試行している状況にある。そのためアスファルトバインダーを強化して、重交通に耐えて変形も少なく、連通した空隙を保持し、劣化のない、剝離のない混合物、そして5~8cm厚さの表層を一層で打設しうる施工機械と能力、更には透水能回復<sup>4)</sup>のための施工機械の開発に向けて、さまざまな方法によって試験舗装を試みている。

試験舗装における混合物の物理性状の主な規格値は、マーシャル安定度400(kg)以上、フロー値20~40(10<sup>-2</sup>cm)、透水係数 $1 \times 10^{-2}$ (cm/sec)以上を共通項目と

\*たつした ふみいつ 東京都建設局保全課長・工学博士

して、動的安定度1000及び1500（回／mm）以上、空隙率10～15及び12～22（%）である。そしてアスファルトは、ストレート及び改質アスファルト、特殊添加材は、無添加あるいはメチルセルローズ（特殊植物性繊維）及び消石灰である。メチルセルローズの添加は、混合物中のアスファルトの增量を図ることを目的としていることから、添加材入り混合物の設計アスファルト量は、5.0%以上であり、無添加では、4.5%未満である。消石灰の添加は、アスファルトと骨材との剥離防止を目的としている。これらの材料による表層厚さは、4～8cmの各種を各種の転圧方法によって施工している。なお、骨材の最大寸法は、13及び20mmとしている。これらの試験舗装での改質アスファルトによる骨材最大寸法13mmの開粒混合物は、東京都では1970年代から「すべり止め舗装」<sup>5)</sup>として交差点流入部や坂路に採用してきたものであるが、これを一部改良して低騒音舗装への転用についても開発しているものである。

この種の試験舗装は、現在まで都内の重交通道路で約2万m<sup>2</sup>を施工し、追跡調査中にある。これらの舗装では騒音の低減特性は勿論のこと、各種力学的構造特性、人工降雨による透水性能及び空隙、粗さ、すべり抵抗、変形等の路面性状が調査され、先に述べた都内重交通舗装に沿道から求められている要件を充たすべき設計因子と施工管理及び維持補修管理基準の資料を作成しつつある。

これらの試験舗装の現時点での結果は、騒音の低減については、降雨時に顕著に現れる。一般走行自動車による車道端での道路交通騒音（中央値）は、供用直後には通常の密粒タイプに比べて4.0～7.0dB（A）の低減効果を發揮する。しかし、供用後9箇月を経過しての騒音低減は、0.5～3.0dB（A）となり、その効果は薄れてくる。その原因是、路面に近い部分の混合物の目づまりにあり、このことは混合物の吸音率、透水係数及び空隙率等の低下に現れている。この目づまりの内容は、ごみ、泥などによる空隙の閉塞が大きいが、更に混合物の高密度化も生じている。なお混合物や表層厚さなどの差異による騒音低減効果の明確な特徴は、現在のところ確定しない状況にあるが、特殊添加材の添加は、長期の維持性能に寄与している様子が窺われる。したがって効果の持続性や舗装としての耐久性などについては、今後の追跡調査結果に期待がもたれるところである。

なお、これら舗装の構造設計及び路面性状上の評価、更には機能回復方法、維持修繕工法そしてリサイクリ

ングシステム等については検討中にあるので、追って機会を見て報告する予定である。

### …世界の動きは…

近年、世界各国は、自動車交通の増大に伴って拡大化する道路交通騒音の環境に与える影響から、その騒音の低減化へ向けて環境、自動車、道路等の専門家が中心になって精力的な研究が進められてきた。ところが環境への、これら騒音の低減策は、舗装の専門家の間では自動車そのものの基本的な問題であり、また道路では道路構造あるいは計画上の問題であって、舗装では、未だ自動車走行の安全性や快適性に係わる路面の「すべり」や「変形」問題、更には経済的な舗装の設計、施工法あるいは維持管理法すら確立していないことから、舗装では早計に対応すべきではないし、また対応し切れないとする考え方支配的であった。

しかし、このところ環境、自動車（特にタイヤ）そして舗装の境界領域問題として、その研究が国際的な場をもって討議されるようになってきた。その主導的な発言は、ヨーロッパであり、PIARC（常設国際道路会議）の1979年のウィーン会議あるいは、それ以前のINTER-NOISE（国際騒音会議）で取り上げられてきた。

このような世界の動きの中にあって、この8月8日から12日まで、スウェーデンの西海岸にある第二の都市であり、古都であるヨーテボリ（Gothenburg）のシェラトンホテルにおいて、INTROC 90（International Tire/Road Noise Conference 1990）が開催された。また引き続いて同場所では、INTER-NOISE 90も13日から16日まで開催された。特に、前者のINTROC 90は、タイヤと舗装の関係が討議されることもあり、また筆者は、先に記した東京都の低騒音舗装関係論文の発表要請を受けて、提出<sup>6)</sup>したこともあるて参加する機会を得た。また、かつて1987年のPIARCブリュッセル会議に出席のおり、この種舗装の調査のため西ドイツを訪れたこともあったことから、再度、その後の北欧を始めとする欧州各国の状況を調査した。また、これら舗装についてのBAST（ドイツ連邦道路研究所）、TRRL（英国交通道路研究所）、アスファルトメーカー研究所、道路関係コンサルタント、舗装施工会社等の見解も確認したく、各所を訪れて意見の交換を行った。

INTROC 90には世界各国から約50の論文が集まり、10のセッションに分けて発表討議がなされた。参加者は、約150人で北欧や東欧をも含めた欧州を中心に米

国、豪州そしてアジアからは日本、韓国、香港などである。参加構成者は、環境関係者や自動車産業関係者が多いが、舗装関係者も目立つものがあり、特にタイヤ関係者との間での技術的発言や討議の経過に注目が集められた。舗装による騒音の低減対策手法に関しては、各国とも多孔質の排水性舗装、いわゆる透水性舗装にその効果を認める報告がなされた。しかし、舗装としての維持管理、そして機能維持と清掃方法(Clearning Method)に問題が残っていることが結論づけられた。特に清掃に関しては、各国の環境問題に対する取り組み姿勢が反映されていて大いに参考になると共に非常に興味を引いた。それは、放射能を始めとする汚染物質が降雨あるいは空中沈降等によって透水性舗装体中に蓄積される可能性のあること、有害あるいは危険物質運搬車の事故等による流出浸透または火災への対策としての清掃方法の不備が上げられた。そして更に、危険物質の流出浸透あるいは火災の生じた舗装の応急復旧方法の確立が未だ不十分であることへの問題提起でもある。

低騒音舗装に対するこのような不備や問題は、国内各地の道路やアウトバーンに試験舗装し、追跡調査している西独 BAST (Organization of The Federal Highway Research Institute) の舗装研究責任者である H.Halfmann 氏や H.Hurtgen 氏を始め大手建設会社 DEUTAG の舗装責任者、F.Rode 氏なども口を揃えて、筆者の質問に回答した。更に、英国 TRRL(Trans-

port and Road Research Laboratory) の舗装研究責任者である P.G.Jordan 氏も同様の意見を持っていた。

一方、今回の INTROC 90 開催の実質的立役者である組織委員会の Ulf Sandberg 氏 (Swedish Road and Traffic Research Institute) などは、タイヤの改良開発と舗装及び排水方法の改良開発に接点を見出すための努力を物静かな発言の中にも精力的なデータ解析と行動力で現していた。

低騒音舗装は、我が国では、その緒についたばかりに過ぎない。しかし、日本と同様に自動車交通量の増加に悩む世界の国々では、早くから自動車交通騒音の舗装での低減化に向けての各種研究に前向きに取り組んでいる状況にある。その結果、騒音の低減化と裏腹に新たなる問題をも派生し、それへの解決策とのバランスで慎重な検討が進められているというのが世界の実態である。考え方によつては、西独を始めとする諸国の低騒音舗装中の汚染物質等の蓄積と排除に対する神経質なまでのこだわりを消極的な姿勢のなせる技を見る向きも多いが、このような配慮は決して無視しえないものである。

わが国における低騒音舗装の今後にとっては、騒音の低減化にのみ短絡した思考のもとでの姑息な採用を今一つ振り返り、深呼吸して、辺りを見合わす余裕の必要を感じるものである。

#### — 参考文献 —

- 1) 達下：低騒音舗装、道路建設、pp.46-47, 1988／11
- 2) 達下ほか：低騒音舗装の試験施工と結果、舗装、pp.3-8, 1988／11, pp.23-35, 1988／12
- 3) 達下：アスファルト舗装の構造による自動車交通振動低減のための実験、土と基礎、pp.7-24, 1979／8
- 4) 土井内ほか：低騒音アスファルト舗装の追跡調査、第18回日本道路会議論文集、pp.602-603, 1989／11
- 5) 東京都建設局：道路工事設計基準・同解説、pp.297-298, 1989／4
- 6) F.Tatsushita et al : Application of Low Noise Pavement to Urban Arterial Road, Proc. of International Tire/Road Noise Conference in 1990, pp.273-325, 1990／8

# 透水性舗装の河川への対応

小林喜一\*・鈴木良雄\*\*

## はじめに

透水性舗装は幾つかの複合的な効果を期待し各地で施工されているが、そもそも発端は市街地等の街路樹への雨水供給が主たるものであったと考えられる。その後、目的効果も多岐に及ぶこととなってきているが、個々の効果の定量的把握と、評価は、未だ明確とは言えない現状である。これらの効果の内、逼迫する都市河川の治水対策に対する透水性舗装がもつ雨水流出抑制効果を、どのように位置づけるか、浸透・貯留能力と都市河川の現状をふまえて考察してみたい。

## 1. 雨水流出し抑制施における位置づけ

雨水の流出を抑制する手法は大別すると、貯留型と浸透型に分けられる。貯留型は、調節池等の貯留施設に一時的に雨水を貯留し、流出時間を遅延させて洪水時のピーク流量を低減させるものである。それに対して、浸透型は、浸透トレーンあるいは浸透井戸等により雨水を地中に浸透させて流出量そのものを低減させるものである。また浸透型は浸透させる手法により井戸法と拡水法に分けられ、井戸法は、地下の透水層に達する井戸により直接雨水を注入するもので、乾式井戸と湿式井戸がある。なお井戸法は、地下水の汚染が懸念されることから、その適用については十分な注意を要するものである。次に拡水法は、地表面近くの地中に分散浸透させるものであり、自然の土壤がもつ浸透機能に極めて近い状態で雨水を地中に導くものであり、施設としては浸透雨水枠、浸透トレーン、LU浸透側溝等に加え透水性舗装が考えられる。以上を分類整理すると図-1のとおりである。

## 2. 浸透・貯留能力

透水性舗装の浸透・貯留能力は、路床土の透水係数、締固め度合、路盤材によって左右され、関東ロームで

は、自然状態で $10^{-2} \sim 10^{-3}$  cm/secある透水係数が、自然状態を破壊し締固めると、 $10^{-6} \sim 10^{-7}$  cm/secに低減してしまい、路盤材では粒度調整碎石よりもクラッシャーランの方が透水係数が大きいとされている。このようなことから透水性舗装の浸透能力は、現場毎に異なり定量的に定まっていない現状にある。そこで一般的には透水性舗装ハンドブックに示されている「路床の現場浸透能試験」や「透水性舗装の透水試験」を、基本型とした試験を行い判定している。また浸透能力は透水性舗装の弱点と言える目詰りによって低減し、その解析方法、低減率のとり方等未だ解明されていない点が多くある。

市川新マキシモヴィッチ共編の「都市域の雨水流出とそれに抑制」<sup>1)</sup>によれば、「良好な施工による透水性舗装の浸透能は、竣工時100mm/hrであったものが、3年後18mm/hr、5年後6mm/hrに低減する」とされており、一方、小山隆昭+藤田昌一共著の「新しい下水道方式の計画と設計」<sup>2)</sup>によれば、「10数年たっても浸透能力が全くゼロにならないことが確認されており、最悪の場合でも10~20mm/hrの能力は残るようである」

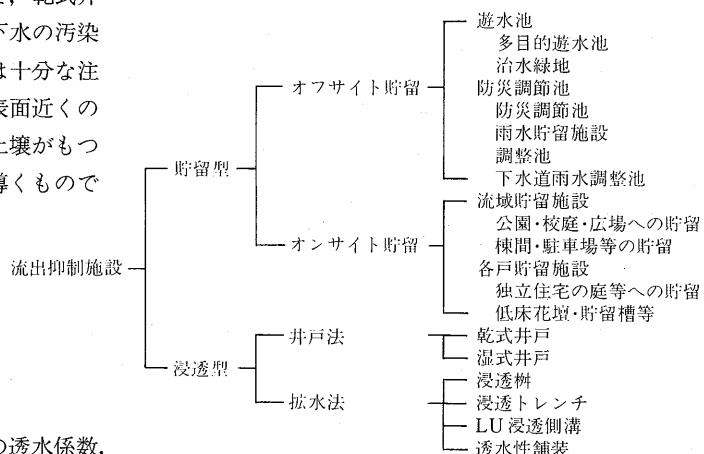


図-1 雨水流出し抑制施設の分類

\*こばやし きいち 千葉県葛南土木事務所次長

\*\*すずき よしお 千葉県葛南土木事務所  
海老川改修担当主任

としている。

このように透水性舗装の浸透能に対する見方はいろいろあり、見解の分かれるところであるが、透水性舗装が構造物であり、その施工が路床を転圧して締固めることから始まるため、路床からの浸透はあまり期待できないように思われるが、表層や路盤には空隙があることから、かなりの貯留効果はあるものと考えられる。東京都においては、透水性舗装は浸透ではなく貯留として扱っており、「東京都雨水貯留・浸透施設技術指針（案）」<sup>3)</sup>によれば、目詰りを考慮した各舗装材の空隙率は表-1のとおりとなっている。

表-1 目詰まりを考慮した空隙率

材 料	空隙率
砂	25%
クラッシャーラン路盤	10%
透水性アスファルト	10%

この空隙により、透水性舗装の設計上の貯留量を自転車歩行者道で20mm、駐車場で50mmとしている。なお以上述べたように透水性舗装での主たる流出抑制効果は、貯留能力によるものとされるが路床土の性状によっては、浸透能力をも期待されるところである。このことを水理特性モデルとして概念的に示せば図-2のとおりとなる。

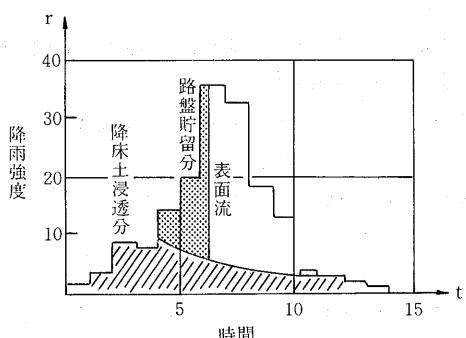


図-2 透水性舗装水理モデル

### 3. 都市河川の現状

近年における都市域への人口集中は、これら地域の拡大とともに、その土地利用が飽和状態となり、在来地表面や窪地に貯留したり浸透していた雨水は、道路舗装や、建築物による不浸透化により、表面流として流出するうえ、このための排水施設が整備され、河川への排水時間は極めて短縮され、雨水流出が集中して

いる。この対策としてかなりの費用の投下と、努力がなされているが高騰する地価と、過密地域での工事実施の困難さから、抜本的な改修が思うにまかせず貯留・浸透型も含めた総合的な対策が必要となっている。即ち、都市化の進行が急激で流域面積も比較的小さな都市河川では、いわゆる都市型水害と呼ばれる水害が頻発し、社会不安を引き起こしているばかりでなく、集中した資産に対する被害も、ぼう大なものとなってきている。このような都市河川の現状に対応するためには、在来の河道改修一辺倒ではなく、流域全体での流出抑制を考える必要が生じている。これら河川では、いわゆる総合治水対策と呼ばれる流域内の保水・遊水機能を維持増進する貯留・浸透等の抑制施設の整備も含めた対策がますます必要となってきている。

### 4. 今後の課題

以上のような都市河川の現状から、都市域での雨水流出抑制対策は、緊要な課題となっているが、ここでは透水性舗装との関係を考察すると、もとよりある河川流域を巨視的にみると、道路が占める割合は、およそ1~3%程度と考えられ、ここで全量の流出が抑制されたとしても、その評価は大きなものではない。ところが流域の一部即ち、新たな住宅開発地等を微視的にみると、その割合は10~15%程度になるものと考えられ、このような地域での透水性舗装による抑制効果は大きなものとなる。しかしながらこれにより、域内排水施設の規模に対して抑制効果を考慮出来たとしても河川への定量的な評価までは期待出来ないものと考えられるが、逼迫した都市河川の治水対策、または宅地開発者の責務としてこれら域内での流出抑制は極めて重要である。千葉県でのある宅地開発において、いわゆる浸透による流出抑制がかなりの成果をあげている実例がある。この場合宅地内及び道路排水施設の全てについて浸透型のものによっている。今後の方向として都市河川流域での流出抑制はますます高まるばかりであり浸透による舗装体への影響、浸透してもB~C交通程度の交通量に耐えられる舗装構成、材料の開発、目詰り対策等の構造理論、材料の開発、施工法等あらゆる方向からの透水性舗装とともに浸透型側溝等の浸透型の道路構造物への取組みに期待するところである。

前にも述べたとおり透水性舗装がもつ多様な特質はそれぞれの効果は小さくとも総合的に極めて有効である。透水性舗装は元来相容れない水と舗装体とを同時に考える発想の転換であり、その問題解決にはなお多

くの時間を要するであろうが、河川への流出抑制を急ぐならば、路床への悪影響を考慮すると簡単に対応出来る対策として、上、下層路盤を厚くすることにより路盤での貯留効果の増大と舗装体の保護が図られるものと考える。例えば近年増大しその対策に苦慮しているところの建設廃材のうちコンクリート等に何らかの加工を行えばトータル的に安価な路盤材とならないで

あろうか、これらを必要厚以上に使用し貯留機能を確保するのはいかがなものであろうか。

以上透水性舗装の河川への流出抑制効果を主として述べてきたが、いわゆるメンテナンスフリーの舗装を指向している現状とは相容れない事柄が多々あるがその接点を探りながら都市内の舗装と流出抑制を両立させてまいりたい。

### — 参考文献 —

- 1) 都市域の雨水流出とその抑制 市川・マキシモウ  
イッチ編, S 63. 鹿島出版会
- 2) 新しい下水道方式の計画と設計 小山・藤田著 S  
59. 鹿島出版会
- 3) 東京都雨水貯留・浸透技術指針 東京都区部中小  
河川流域総合治水対策協議会 S 63.

### その他

- 透水性ハンドブック 日本道路協会編 S 54. 山  
海堂
- アスファルト舗装要綱 日本道路協会 S 63年版  
丸善
- 雨水貯留施設の計画と設計 熊谷・原田編 S 61.  
鹿島出版会

## フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針(案)

B 5 版 42ページ 実費頒価 800 円(送料は実費)・申込先 (社)日本アスファルト協会  
〒105 東京都港区虎ノ門 2-6-7

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

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

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

### 目次

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

## 凍結抑制舗装について

川村和幸\*・二ノ宮秀彦\*\*

### 1.はじめに

積雪寒冷地においては、冬期間における安全・円滑な交通のためになんらかの滑り止め対策が必要とされる。これまでには、スパイクタイヤが、その簡便性、効果から一般的に使用されてきた。しかし、スパイクタイヤに起因する舗装の摩耗被害、粉塵による環境への影響が社会問題となり、早急な対策が必要となった。

その対策として、耐摩耗舗装の研究、スパイクピンの改良、スタッドレスタイヤの開発などが進められるとともに、一部の地方自治体においてはスパイクタイヤの期間規制が行われてきた。さらに、1988年6月には総理府公害等調整委員会の調停で、大手タイヤメーカー7社と長野県の弁護士グループが1990年末でのスパイクタイヤ製造中止、1991年3月末での販売禁止に合意している。また、本年6月には「スパイクタイヤ粉塵の発生の防止に関する法律」が成立し、指定地域でのスパイクタイヤの使用禁止が1991年4月から、罰則適用が1992年4月から行われることになる。

こうした状況のなかで、路面自体に凍結抑制作用を付与する方法の検討が進められている。現在、アスファルト混合物に塩化系添加材を配合し、塩化物による凍結温度の降下等をもたらす方法と、アスファルト混合物に粒状ゴム系添加材を配合し、交通荷重による舗装体のたわみによって路面への雪氷の付着を防止する方法の2種類があり、ここではそれらの基本概念、性状等を紹介する。

### 2.アスファルト混合物に塩化系添加材を配合する方法

#### 2.1 ベルグリミット舗装<sup>1)</sup>

ベルグリミットは、1974年にスイスのベルグリミット社で開発され、ヨーロッパで多くの使用実績がある。我が国でも1982年から試験施工が行われ、現在まで約

270例の施工実績がある。

ベルグリミットは、塩化カルシウムを亜麻仁油でコーティングしたもので、粒径は0.1~5.0mmにわたっている。効果の原理は、混合物中のベルグリミットの塩化カルシウム分が、コーティングの破損により路面に滲出し、雪氷と路面の付着を防止するものである。

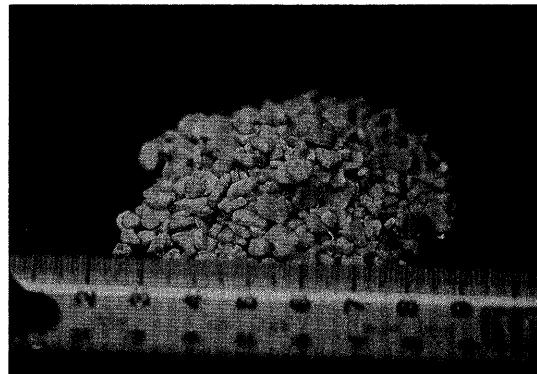


写真-1 ベルグリミット

#### 2.1.1 特長

ベルグリミットを添加した混合物には以下のようないくつかの特長がある。

- ① 路面の凍結温度が低下し凍結抑制効果が得られる。
- ② 凍結、圧雪状態においても雪氷と路面の間に水膜ができ、効果的な除雪ができる。

#### 2.1.2 品質性状

ベルグリミットの品質性状を表-1に示す。

#### 2.1.3 混合物への適用

メーカーの説明によると、ベルグリミットの混合物への適用性は以下の通りとなっている。

##### (1) 添加量および骨材粒度

ベルグリミットの添加量は、添加物総重量の5~6%

\*かわむら かずゆき 北海道開発局開発土木研究所道路部維持管理研究室 室長

\*\*にのみや ひでひこ 北海道開発局開発土木研究所道路部維持管理研究室 研究員

表-1 ベルグリミットの品質性状

項目	単位	品質性状		
組成および外観	—	塩化カルシウムを亜麻仁油でコーティングしカプセル化した白色の顆粒状の固体		
比重	g/cm <sup>3</sup>	1.80		
顆粒密度	g/cm <sup>3</sup>	0.86		
粒度	—	フルイ目(mm)	13	5
		通過率(%)	100	95
融点	℃	175		

%を標準とするが、交通量及び要求される効果を勘案し、3.5(交通量大)～7.5%(交通量小)の範囲で添加量を選択する。また、添加量に応じて7号碎石もしくは砂を減じ、粒度調整を行う。

#### (2) 配合設計

マーシャル試験において推奨する空隙率は、以下の通りとする。

- ・交通量小で標高が高く日陰のときは1.5～2.5%
- ・交通量大で日なたのときは2.0～3.0%

#### (3) 混合物の製造

混合物製造の標準的な手順を図-1に示す。

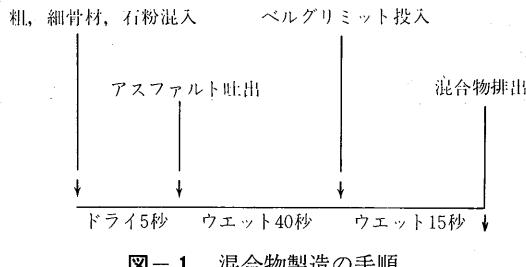


図-1 混合物製造の手順

なお、混合物の練落とし温度は150°C前後とし、170°C(ベルグリミット融解温度175°C)を越えてはならない。

#### (4) 舗設

アスファルトフィニッシャーでの敷均し温度は140°Cとし、転圧時にはローラーに水を使用しないものとする。

また、締固めは現場の切り取りコアの空隙率で平均4%程度とし、5%を越えてはならない。

#### 2.1.4 試験性状<sup>2)</sup>

ベルグリミット混合物の性状について種々の試験結果が公表されており、その一例を紹介する。試験は、アスファルト量7%(固定)の細粒ギャップアスコン供試体について行われており、ベルグリミットの混入量は5%である。

#### (1) マーシャル試験

ベルグリミット混合物のマーシャル試験結果を表-2に示す。ベルグリミットを碎石として混入した場合、無添加のものに比べ、安定度は上がり空隙率は1%程度多い。また、ベルグリミットを砂として混入した場合、無添加のものと比べ、安定度は低下するものの空隙率は同程度である。

表-2 マーシャル試験結果

供試体 試験項目	無 添加	ベルグ混入 碎石置換	ベルグ混入 砂置換
安定度(kg)	980	1230	890
フロー(1/100cm)	52.3	43.0	64.0
空隙率(%)	3.8	4.8	3.8

#### (2) 摩耗試験

摩耗性状は、チェーンラベリング試験により検討されている。試験条件を表-3に、試験結果を表-4に示す。

表-3 チェーンラベリング試験条件

タイヤチェーン	10コマ/本、12本 長内径26mm、太さ4mm 短内径6mm
車輪	外径250mm、幅100mm
回転数	200 r.p.m
試験時間	表、裏それぞれ1.5hr
試験温度	-10±(°C)
供試体寸法	40×15×5cm(L×W×H)

表-4 チェーンラベリング試験結果

供試体 試験項目	無 添加	ベルグ混入 碎石置換	ベルグ混入 砂置換
摩耗量(cm <sup>3</sup> )	0.37	0.38	0.25

試験の結果から、ベルグリミット無添加の供試体に比較して、碎石置換を行った供試体の摩耗量は同程度、砂置換を行った供試体の摩耗量は70%程度であることがわかる。

#### (3) ホイールトラッキング試験

耐流動性は、ホイールトラッキング試験により検討されている。試験条件を表-5に、試験結果を表-6に示す。

表-5 ホイールトラッキング試験条件

車輪接地圧	5.5 (kg/cm <sup>2</sup> )
走行速度	42 (pass/min)
供試体寸法	30×30×5 (cm)
試験温度	45 (°C)

表-6 ホイールトラッキング試験結果

供試体 試験項目	無添加	ベルグ混入 碎石置換	ベルグ混入 砂置換
D.S(mm/min)	599	612	659

試験の結果から、碎石置換の供試体および砂置換の供試体は、ベルグリミット無添加の供試体と比較して同程度以上の性状を持っていることがわかる。

試験結果について注意すべき点は、試験に用いた供試体はアスファルト量を固定しており、ベルグリミットを混入した供試体が、かならずしも最適アスファルト量における供試体ではないということである。また、この結果は、あくまで供試体作製直後の試験結果であり、ベルグリミットの反応が進めば試験値が低下することも考えられる。

## 2.2 マフィロン舗装<sup>1)</sup>

マフィロンは、西ドイツのマンネスマント社が開発した路面凍結抑制材である。マフィロンは、西ドイツでは1981年から研究が開始され、1984年からは試験施工が実施され、アウトバーンや一般道路で供用性状が評価されている。我国でも1985年から試験施工が開始され、現在約40例の実績がある。

マフィロンは、酸化反応による発熱と、塩化物による凍結温度の低下の複合作用で凍結抑制効果を発揮する。

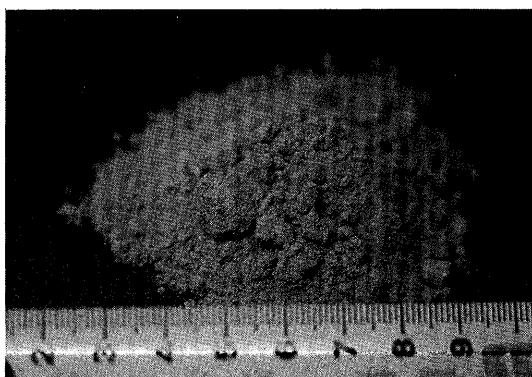


写真-2 マフィロン

### 2.2.1 特長

マフィロンを添加した混合物には、以下のような特長がある。

- ① 路面の凍結温度が低下し凍結抑制効果が得られる。
- ② 凍結、圧雪状態においても、雪氷と路面との間に

に水膜ができ、効果的な除雪ができる。

- ③ フィラーとして混入するため、塩化物の流出による強度の低下が少ない。

### 2.2.2 品質性状

マフィロンの品質性状を表-7に示す。

表-7 マフィロンの品質性状

項目	単位	品 質 性 状								
外観	—	ベージュ（薄茶）色の粉末								
組成	—	多孔質基材（鉱物質）の空隙中に添加剤が沈着したもの 鉱物の種類……火成岩の粉末〔鉄分(Fe)、マンガン(Mn)を含む多孔質な岩質〕 添加剤……塩化ナトリウム、塩基性水酸化鉄他 塩化物の量……組成に含まれる塩化物の配合量は35%								
比重	g/cm <sup>3</sup>	2.3~2.5								
粒度	—	<table border="1"> <tr> <td>フルイ目(mm)</td> <td>0.09</td> <td>0.075</td> </tr> <tr> <td>通過率(%)</td> <td>100</td> <td>50</td> </tr> </table>			フルイ目(mm)	0.09	0.075	通過率(%)	100	50
フルイ目(mm)	0.09	0.075								
通過率(%)	100	50								
融点	°C	220								

### 2.2.3 混合物への適用

メーカーの説明によると、マフィロンの混合物への適用性は以下の通りである。

#### (1) 配合

混合物自体の配合を特に変える必要はない。マフィロンを、石粉の一部もしくは全てと置き換えて、配合試験により決定する。

#### (2) 混合物の性状

例として、アスファルト混合物に、マフィロンを7%添加した場合を挙げると、その性状は以下の通りである。

- ・通常の混合物に比べ、フィラーの量を低減させる必要がある。
- ・一般にマフィロンを混合すると、同一アスファルト量に対し空隙率が増加する。

### 2.2.4 試験性状

マフィロン混合物の性状について種々の試験結果が公表されており、一例としてメーカーが発表している試験結果を紹介する。試験は、アスファルト量5.9%の密粒度アスコンについて行われており、混合物へのマフィロン添加量は7%である。

#### (1) マーシャル試験

マフィロン混合物のマーシャル試験結果を表-8に示す。マフィロンを添加した供試体は、マフィロン無添加の供試体と比較して、安定度は同程度、フロー値は若干高めである。

表-8 マーシャル試験結果

供試体 試験項目	無 添加	マフィロン 混 入
安 定 度 (kg)	1170	1180
フロー(1/100cm)	33.0	37.0

## (2) 摩耗試験

摩耗性状はチェーンラベリング試験により検討されている。試験結果を表-9に示す。なお、試験条件はベルグリミットの摩耗試験と同様である。(表-3)

試験の結果から、マフィロンを添加した供試体の摩耗性状は、無添加の供試体と同程度である。

表-9 チェーンラベリング試験結果

供試体 試験項目	無 添加	マフィロン 混 入
摩 耗 量 (cm <sup>3</sup> )	0.24	0.23

## (3) ホイールトラッキング試験

耐流動性は、ホイールトラッキング試験により検討されている。試験結果を表-10に示す。なお、試験条件は試験温度が $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ であることを除き、ベルグリミットと同様である。(表-5)

試験結果を見ると、マフィロンを混入した供試体は、無添加の供試体に比べ、動的安定度が10%程度低下している。

表-10 ホイールトラッキング試験結果

供試体 試験項目	無 添加	マフィロン 混 入
D.S(mm/min)	295	266

2.3 その他の塩化物系添加材を使用した舗装<sup>3)4)</sup>

その他の塩化物系添加材を使用した舗装として、凍結防止骨材を用いるノンフリーズ舗装および凍結抑制材の低コスト化を考慮した原塩入り舗装がある。

## 2.3.1 品質性状

ノンフリーズ、原塩の品質性状を表-11、12に示す。

表-11 ノンフリーズの品質性状

項目	単位	品 質 性 状																
外観	—	碎石状(7号碎石程度)																
組成	—	特殊塩化物を特殊セメントに混入固化化した後、これを破碎したもので10mm以下の骨材状を示す																
比重	g/cm <sup>3</sup>	3.074(見掛け比重)																
粒度	—	<table border="1"> <tr> <td>フルイ目(mm)</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>2.5</td> <td>0.6</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>通 過 率(%)</td> <td>100</td> <td>80</td> <td>49</td> <td>25</td> <td>12</td> </tr> </table>					フルイ目(mm)	10	5	2.5	0.6	0.3	通 過 率(%)	100	80	49	25	12
フルイ目(mm)	10	5	2.5	0.6	0.3													
通 過 率(%)	100	80	49	25	12													
スリヘリ減量	%	25.5																

表-12 原塩の品質性状

項目	単位	品 質 性 状
粒径	mm	13~0.6
比重	g/cm <sup>3</sup>	2.001
PH		9~10

## 2.3.2 混合物への適用

メーカーの説明によると、ノンフリーズおよび原塩の混合物への適用性は以下の通りである。

## (1) ノンフリーズ

ノンフリーズは、特殊塩化物を特殊セメントに混ぜ込んで、10mm以下に破碎したものである。

## ・適用性

- ① 標準添加量は、アスファルト混合物に対し7%となっている。
- ② 配合例によるとノンフリーズ舗装の塩化物の溶出性は、ベルグリミットと同等の値を示す。
- ③ 試験施工の結果(3冬目迄)によると、凍結抑制効果は、多少低減しているが認められる。

## (2) 原塩入り舗装

原塩を直接舗装に混入するもので、凍結抑制材の低コスト化が考慮されている。

## ・適用性

- ① 添加量は、アスファルト混合物に対して8%程度である。
- ② 交通量はA交通程度とする。
- ③ 路面には無数の小さい孔(5~10mm)が生じている。また、舗装表面の原塩の潮解作用により、路面の粗度が大きくなっている。
- ④ 凍結抑制効果は、アイスバーンおよび薄い圧雪について認めらる。

## 3. アスファルト混合物に粒状ゴム系添加材を配合する方法

3.1 ルビット舗装<sup>5)</sup>

ルビット舗装の基本的な概念は、1960年代にスウェーデンの道路研究所で開発されたもので、粗骨材量およびアスファルト量の多い混合物に廃タイヤを急冷粉碎してつくったゴム粒子を混入した表層材料である。ルビット舗装の模式図を図-2に示す。

ギャップタイプの開粒度混合物の間隙に多量のモルタル分と、ゴム粒子が圧縮された状態で存在し、舗装表面にゴムチップが突出しているものである。

我が国では1979年頃から国内での適用が研究され始め、現在までの施工実績は、北海道および本州の山間

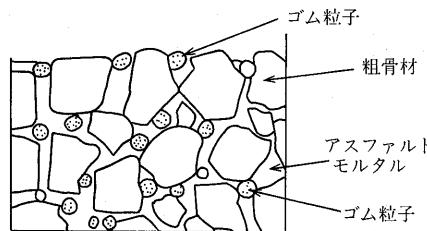


図-2 ルビット舗装模式図

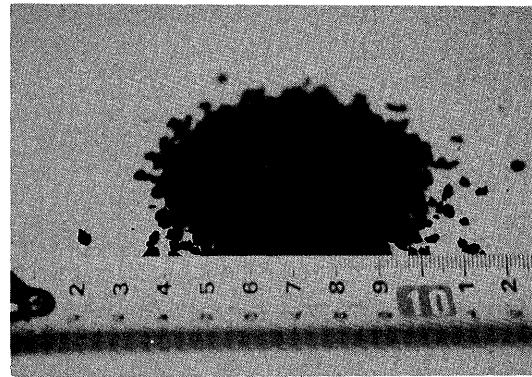


写真-3 ゴム粒子

部で10数例ある。

### 3.1.1 特長

- ① 凍結抑制効果は、ゴムの弾力性と車両荷重により路面の氷結層を破壊する物理的な作用による。
- ② ゴム粒子が路面に現れる程度の圧雪状態の場合、

すべり抵抗性は高い。

- ③ ゴム粒子が混入されているため十分な密度が得られにくい側面もある。

### 3.1.2 ゴム粒子の品質性状

ゴム粒子の品質性状を表-13に示す。

表-13 ゴム粒子の一般物性値

項目	単位	物性値
密度	g/cm <sup>3</sup>	1.14~1.16
引張強さ	kg/cm <sup>2</sup>	170~220
伸び	%	470~570
熱膨脹係数	1/°C	$6.6 \times 10^{-4}$ ~ $7.0 \times 10^{-4}$
弾性率	kg/mm <sup>2</sup>	~0.5

### 3.1.3 混合物への適用

メーカーの説明によると、ゴム粒子の混合物への適用は以下の通りである。

#### (1) 配合

- ① 締固めた混合物中にゴム粒子を内在させるための十分な空隙が必要とされるため、粒径5~1.2mmの間でギャップとした独自の粒度を使用する。ルビット混合物の一般的な粒度を図-3に示す。
- ② アスファルト量は、一般的の配合（上記の粒度でゴム粒子を含まない）と比べ約1.5~2.0倍程度多めに使用する。
- ③ ゴム粒子の添加量の最適範囲は混合物に対し3~4%（重量比）である。

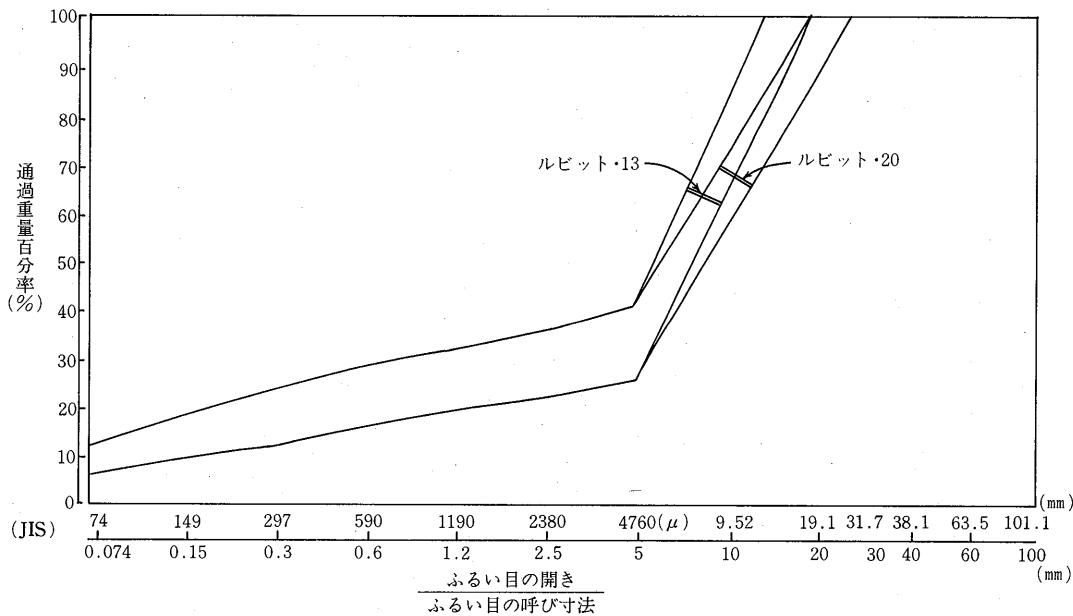


図-3 ルビット舗装の骨材粒度範囲

## (2) 施工状況

- ① 施工時の敷均し温度は130~150°C程度、初転圧は通常と同様であるが、二次転圧はゴム粒子が舗装体内で圧縮された状態にするため、70~80°C程度まで低下してから実施し、常温近くなるまで連続的に行う方法が良い。
- ② 転圧機械は鉄輪ローラが適する。(混合物温度が高い間は混合物がローラに付着しやすい)

## 4. あとがき

凍結抑制舗装は、凍結抑制効果の持続性に加え、路

面としての長期にわたる耐久性の評価が今後の課題である。さらに、我が国は世界でも有数の多雪地域であることから、各種の凍結抑制法の適用性も検討課題として残されていると考えられる。

しかし、脱スパイク、スタッダレス化が着実に進んでいる現状においては、道路管理者、交通管理者等の行政側とタイヤメーカー等の民間側とが一体となった総合的な対応が求められており、道路管理者としても凍結抑制舗装の検討を含め、積極的に取り組む必要があると考えている。

## — 参考文献 —

- 1) 坂本浩行「凍結抑制舗装用添加材」アスファルト, 1989年10月
- 2) 北海道工業大学工学部 間山研究室「氷結遅延材入りアスファルト混合物に関する研究」, 1988年12月
- 3) 岩淵 弘 ほか「凍結防止舗装の特長と効果について」第17回日本道路会議論文集, 1987年10月
- 4) 安達 寛「原塙入り舗装の試み」第17回日本道路会議論文集, 1987年10月
- 5) 石川 健「積雪寒冷地用特殊舗装とその氷結防止効果」道路建設, 1986年3月

## ☆1990年版発行のお知らせ☆

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』1990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 800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61年度の道路予算
- 道路の現況
- 道路整備5ヵ年計画
- 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

# 歩きやすい舗装

岩井立雄\*

## 1.はじめに

20年ほどまえまでの歩道は、自動車の安全と円滑な流れを確保するために、ガードレールなどで区切られた歩くための空間でしかなかった。そのため、歩道はついでに舗装されたといつても良いぐらいの画一的なものが多く、人のための道と言うには程遠いものであった。その後社会変化にともない、昭和60年8月、建設大臣官房技術調査室より「建設省所管施設における景観整備マニュアル(案)」が出された。これにより歩道も実利、画一的なものから、周辺景観とマッチした魅力性、快適性、親しみやすさなどをもつものへと、設計上の配慮がなされるようになった。そして歩道本来の目的である、歩く人にとって安全で快適な歩きやすい舗装が求められるようになった。

安全・快適な歩行を確保するためには、歩行者交通量にたいして歩道が十分な幅をもつことが基礎的条件であるが、同時に歩きやすい舗装をつくることが重要なことと考えられる。

本稿では、歩きやすい舗装として具えるべき機能を概観するとともに、現在の代表的歩道舗装材の機能について評価を加えた後、地区特性別に多様化・高度化している、最近の歩きやすさを考慮した舗装事例のいくつかについて、写真でご紹介することにする。

## 2.歩きやすい快適な舗装とは

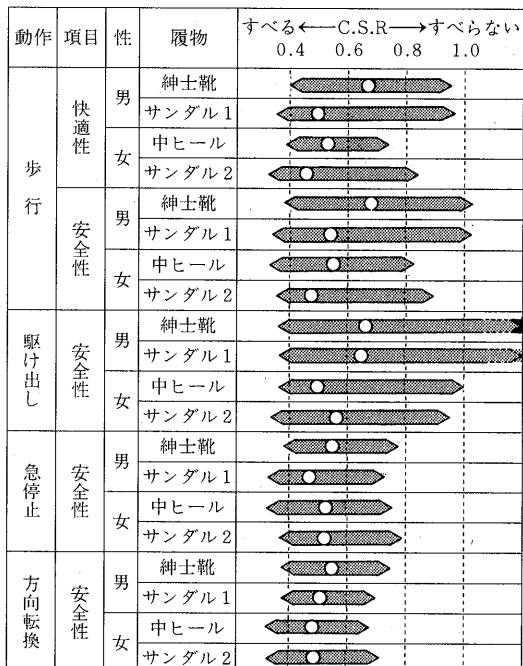
歩きやすい舗装とは、人が疲れを感じることなく快適に安全に歩くことができる舗装である。

具体的に歩きやすい舗装の条件について考えると次のことが上げられる。

### 1) 滑らない、つまずかない

歩行による肉体的な疲労は舗装体が足に与える衝撃の程度により異なる。衝撃は水平方向と垂直方向に分離して考えることができる。水平方向の衝撃は舗装表面の滑り抵抗に影響される。極度に滑りにくい舗装は

足に受けた衝撃を緩和しないために疲労が大きい。また、滑りやすい舗装も危険であり、疲労を伴う。歩行に関して最適な滑り抵抗を求める研究は最近行なわれるようになってきたが、まだ確立されたものに至っていない。<sup>1,2)</sup>そのなかの一例を図-1に示す。この図は履物による違いを表わしているが、年令による違いもあり今後の課題である。



※最適値：○、許容範囲：△、◆  
図-1 すべり最適値および許容範囲(例)  
(下足床の場合)<sup>1)</sup> (東工大 小野)

一般には、安全面から滑り抵抗の比較的大きな舗装を良とする傾向があり、滑りやすい舗装が問題になることが多い。滑り抵抗は乾燥状態と湿潤状態とでは大きく異なり、湿潤状態での滑りやすさが問題となることが多く対策として目地(溝)や表面仕上げ等により凹

\*いわい たつお 日本舗道株式会社技術部技術二課課長

凸をつけることなどが行なわれている。しかし寒冷地において滑りが問題になるときは、必ずしも湿潤状態でのことではなく、積雪や着氷によることが多く、この場合は舗装表面の凹凸が逆に雪や氷の離れを阻害することもある。滑りの原因を確かめて対策を立てることが大切である。

### 2) 弹力性

弾力性は、足に掛かる垂直方向の衝撃に影響し、歩きやすい=疲れにくいことに直接的に関連があり、歩行の機能性での重要な要因の一つとなるものである。天然の芝生の感触は歩く人の疲れを忘れさせてくれるものである。現在ではスポーツグランド等で採用されてきた軟らかい舗装が少しずつ歩きやすい舗装として街路や遊歩道等に使われるようになってきている。

この弾力性は各種スポーツに関する最適な弾力性を求める研究として最近盛んに行なわれてきたが、まだ歩行において疲れないための歩きやすい弾力性を求める研究は数少ない。今後これらの研究も盛んに行なわれるようになると思われる。

### 3) 全天候型

歩きやすい舗装とは、天候に左右されることなく快適な歩行が維持されることが必要であり、次のような舗装は歩きやすい舗装とは言えない。

① 雨や雪で表面が濡れることにより適度な滑りからはずれて滑りやすい舗装となる。

② 雨の日に水溜ができる。

③ 雨の日に舗装がぬかるむ。

④ 乾燥した風の強い日に土ぼこり等が発生する。

これらについては、舗装の降雨時における排水性や舗装材の改良等により歩きやすさの改善等の研究が現在盛んに行なわれている。

### 4) 目で楽しむ

歩行者に視覚的に快適さを感じさせることも歩きやすい舗装を考えるうえで重要な要素の一つである。歩行路面の材質、色彩、形等により目で楽しませ疲れを忘れさせ歩くのが楽しくなるという快適性は、他の要素との複合により作り出されるデザイン性と関連するものである。この要素は、最近景観舗装や商店街の舗装に盛んに取り入れられており、デザインの自由度の高い舗装材の開発も進んでいる。

### 5) 体感性

日射による照り返し等による体感性の問題も歩きやすさを考えるに当たり重要なことである。これは、舗装路面の材質や色彩のみでなく、植栽により日ざし

を遮るなど歩行空間構成要素の複合化にて現在処理されている。

以上、まとめてみると歩きやすい舗装は人間の機能性を十分考慮に入れたものでなければならない。人間の機能性を考える場合に舗装材・施工上の舗装構造の物理的な面にばかりとらわれてはならない。個性的で親しみと潤いなどの心理的な面が、歩道空間構成要素の複合化によるデザインから生れることも忘れることなく、路面の舗装材の美観性、環境演出効果、すなわち道の用と景を考えることが非常に重要である。

### 3. 舗装材からみた歩きやすさ

ここ数年来道路景観整備が我が国における都市デザインの一手法として脚光を浴び、全国各地で様々な事業展開が図られている。そんな折り歩道も従来のアスファルトやコンクリートの舗装ではなく、質感のある舗装、カラフルな舗装など個性化を求めて様々な素材が用いられるようになってきた。ここでは、それら舗装材について歩きやすさの観点からの評価を試みた。評価は、次に示す基準により行った。

#### (1) 滑りにくさ

滑りにくさについての評価は色々考えられるが、ここでは表-1の基準により行った。

表-1 滑りの評価基準

評価	かなり優れている	優れている	普通またはやや劣る	劣る
評価基準(BPN)	50以上	50~40	40~30	30以下

#### (2) 弹力性

弾力性の評価法は種々あるが、ここでは下記の試験法にて評価した。

試験方法：写真-1に示す試験機を用い、5kgの重錘を50cmの高さから舗装面に自由落下させ、加速度

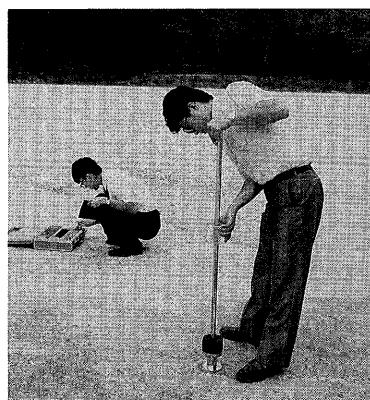


写真-1 弾力性試験

計により加速度を測定し、データーアナライザにより変位に変換し、その変位の大小により弾力性を評価する。

この試験により得られた結果についての評価は、表-2の基準により行った。

表-2 弾力性の評価

評価	かなり優れている	優れている	普通またはやや劣る	劣る
評価基準(変位量mm)	2.0以上	2.0~1.0	1.0~0.2	0.2以下

### (3) 全天候性

全天候性についての評価は、表-3の基準により行なった。

### (4) デザイン性

デザイン性は、デザインの自由度の高い低いにより評価した。

以上により評価した舗装材による歩きやすさの評価は表-4に示す通りである。

この表が示すように、歩きやすさに関するすべての要因において優れている舗装材はないのが現状である。従って、使用場所により強調される機能を重視して舗装材を選定している。

表-3 全天候性の評価基準

評価	かなり優れている	優れている	普通またはやや劣る	劣る
評価基準	常に変わらない	水溜ができることがある	極度にすべるようになる	極度に状態悪化

表-4 舗装材による歩きやすさの評価

タイプ	工法	舗装種別／表層材・素材	滑りにくさ	弾力性	全天候	デザイン性	
現場施工型	塗装工法	アクリルエマルション塗布・吹付舗装	○	△	○	△	
		無機シリカ塗布・吹付舗装	○	△	○	△	
		ウレタン舗装	○~△	○~△	○	△	
		ポリウレタン	○	○~○	○	△	
		ゴムチップウレタン	○	○~○	○	△	
		エポキシモルタル舗装	○~×	×	○	○~△	
		透水性高分子混合物舗装	○~○	×	○	△	
	敷均し工法	型枠式カラータイル舗装	○	△~×	○	○	
		カラースファルト舗装	○	△	○	△	
		脱色アスファルト 舗装	○	△	○	△	
		顔料混入	○	△	○	△	
		天然豆砂利使用	○	△	○	△	
		コルク入りアスファルト舗装	○	○~△	○	△	
		ファイバーゴム入りアスファルト舗装	○	○~△	○	△	
		半剛性舗装	○	×	○	△	
		プラスチ仕上げ	○	×	○	△	
		研磨仕上げ	△~×	×	○	△	
	流しこみ工法	クレイ系舗装	—	○~○	△~×	△	
		天然芝舗装	—	○	△	△	
		カラーコンクリート舗装	△	×	△	○~△	
		洗い出しコンクリート舗装	○~△	×	△	△	
		磁器質タイル	○~×	×	△	○~○	
二次製品型	ブロック工法 (湿式工法・貼る舗装)	せっき質タイル	○~×	×	△	○~○	
		石貼り舗装	○~×	×	△	○~○	
		自然石板	○~×	×	△	○~○	
		薄小舗石	○	×	△	○~○	
		アスファルトブロック舗装	○	△	○	△	
	ブロック工法 (乾式工法・敷く舗装)	テラゾータイル舗装	△~×	×	△	○~○	
		敷石舗装	切石・小舗石	○~○	×	○	○~○
		平板ブロック舗装	コンクリート平板	○~△	×	○	○~△
		洗い出し平板	○~△	×	○	△	
		自然石ブロック	○~×	×	○	○~○	
	シート工法	小舗ブロック舗装	インターロッキングブロック	○	△~×	○	○
		レンガ	○~△	△~×	○	○	
		タイルブロック	○~△	△~×	○	○~○	
		舗石ブロック	○~△	△~×	○	○~○	
		木レンガ	○~×	△	△	○~△	
	人工芝舗装	砂入り人工芝舗装	—	○	○~○	○~△	
		—	—	○~△	○~○	△	

○かなり優れている ○優れている △普通またはやや劣る ×劣る

#### 4. 地区特性を考慮した適用事例

適用場所により歩きやすい舗装としての要求性能に若干の違いがある。ここでは適用場所により、どのようなことをより考慮して、実際にどんな舗装が適用されているかを、代表的な適用場所として公園と街路(特に商店街)について、事例を上げて紹介する。

##### 4.1 公園内舗装

公園における舗装は、公園が樹木・芝等を中心とした修景型か、美術館、博物館、図書館等のある建造物主体型か、各種スポーツ施設のあるスポーツ型かによって大きく異なる。ここではより歩きやすさが要求される修景型とスポーツ型について紹介する。

###### 4.1.1 修景型

修景型公園では、樹木等の緑との調和を考えた落ち着きと安らぎが求められる。また、歩く距離も長くなるためより疲れない舗装が求められる。従って、歩きやすさの機能のなかで歩行による肉体的疲労に関係ある滑り、弾力性の要素が強調される。また、日差しが強いため体感性も重要な要因である。従って土の感触のある舗装で天候により舗装面の状態が変わらない舗装が好まれる。ここでは、現在使われている舗装あるいは今後伸びることが予想される舗装について代表的なものを2~3示す。

###### (1) 土系舗装

土系舗装による歩道は自然感があってクッション性があるが雨が降るとぬかるみ歩きにくく、また乾燥すると埃が多量に発生するなど、常に快適で歩きやすい舗装とは言えない。土系舗装の改良研究は盛んで、土の柔らかさを維持しつつ、上記のように天候に左右されないものの開発がすすんでいる。

写真-2は仙台青葉山公園内の遊歩道に用いられた



写真-2 天候に左右されにくい土系舗装  
(仙台市・青葉山公園遊歩道)

土系の舗装である。この舗装は、土に特殊バインダーを添加することにより、土本来の柔らかさを失わすことなく、天候に左右されない舗装に改善したものである。弾力性試験による変位量(mm)は無処理土:1.5~2.5、石灰安定処理土:0.2~0.6、写真-2:1.0~2.0であり、土本来の弾力性が維持されている。今後もこの種の舗装は増えるであろう。

###### (2) アスファルト系

アスファルト系舗装による歩きやすい舗装への取り組み方には現在大きく分けて2通りある。ひとつは写真-3、4のように透水性の砂利道的な趣の舗装で、自然感をもった排水性と体感性の良さによる、歩きやすさをねらったものである。もうひとつは、写真-5のようにコルクやゴムチップ、ウッドチップ等を用い、弾力性による、歩きやすさをねらったものである。

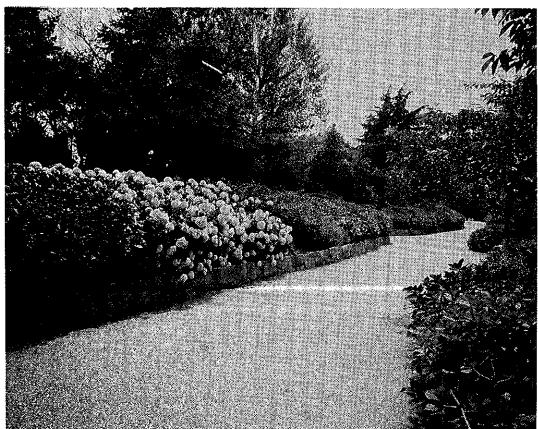


写真-3 脱色アスファルト舗装で、骨材に天然豆砂利を使用した落ち着いた雰囲気の舗装 (鶴舞公園あじさいの散歩道)

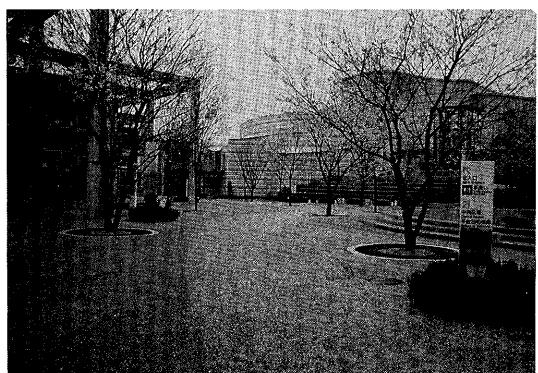


写真-4 特殊開粒度アスコンに天然豆砂利を散布した擬似砂利道 (花と緑の博覧会政府館前)



**写真-5** 天然コルク粒を用いた弹性カラーアスファルト舗装。コルクの持つ弾性機能により、ソフトな歩行感を与え滑りにくく、歩きやすい舗装となっている。

#### 4.1.2 スポーツ型

スポーツ型公園は、国民の健康増進運動により最近増えてきている。これらの公園では、遊歩道がジョギングコースを兼ねていることも多い。従ってより弾力性のある舗装が要求される。ここではアスファルト系弾性舗装と高分子材料による弾性舗装が用いられている。これら弾性舗装の弾力性評価基準の一つとして弾力性試験による変位量を表-5に示す。これより弾力性は弾力性舗装の施工厚に大きく影響することが分かる。また、アスファルト系舗装は温度により弾力性が異なり路面温度が低いと弾力性が十分発揮できない。しかし、通常日中の路面温度は30℃以上であることを考えると、十分弾力性が得られると考えられる。

**表-5 各種弾力性舗装の弾力性の評価**

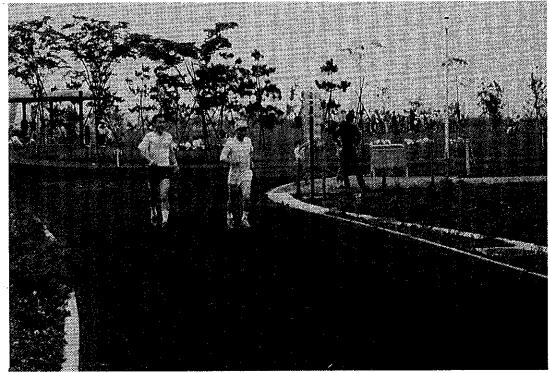
舗装種別	表層厚(cm)	変位量(mm)
弹性アスファルト舗装A	2.5	0.4~1.2 (20℃)(40℃)*
弹性アスファルト舗装B	2.5	0.4~1.5 (20℃)(40℃)*
ポリウレタン舗装	0.5	0.3~0.6
ゴムチップウレタン舗装	0.8	1.0~1.5
ゴムチップウレタン舗装	1.5	1.5~2.0
ゴムチップウレタンブロック舗装	3.0	2.0~3.0

基層は全て密粒アスコン3cm \*路面温度

**写真-6, 7** 今後も増えると思われる代表的な弾性舗装の実施例である。

#### 4.2 街路の舗装

街路の舗装は、シンボル性を重視し、地区の個性を明確に表現するとともに、歩道空間全体のなかで、他



**写真-6** ファイバーゴムチップを混入した弹性カラーアスファルト舗装。スポーツ施設に良く使われている舗装。(埼玉県・健康福祉村ジョギング走路を兼ねた遊歩道)



**写真-7** ウレタンゴムチップ系のインターロック式弾性ブロック舗装。二次製品の置き敷きタイプで非常にソフトでデザインの自由度もあり、歩きやすい舗装として幅広い用途に期待される。(千葉市・宮野木スポーツセンタージョギング走路を兼ねた遊歩道)

の要素との連続性が得られるようなデザイン的色彩の多いものが用いられている。特にアーケード街の歩行路面には、建築物の床の延長的な感触のものが多く用いられている。これは道を分離させないことによりショッピングや映画鑑賞等の楽しさにより、歩いていることを忘れさせ、歩く疲れを感じさせないような配慮のためである。(写真-8)これらの考え方からか、街路の舗装はデザインの自由度が高くファンシィーなものが多く用いられている。(写真-9)また、街路は通行量が多く、耐久性の高いものが要求されるため、比較的耐久性の低い弾性舗装はあまり使われていない。現在街路に多く使われているタイルや石材等は、汚れ



写真-8 デザインの楽しさにより歩きやすさを考えたタイル舗装。建築物の床と道の素材との区別をはっきりさせないことにより、ショッピング等の楽しさにより歩く疲れを忘れさせている。(仙台市・サンモール一番町)

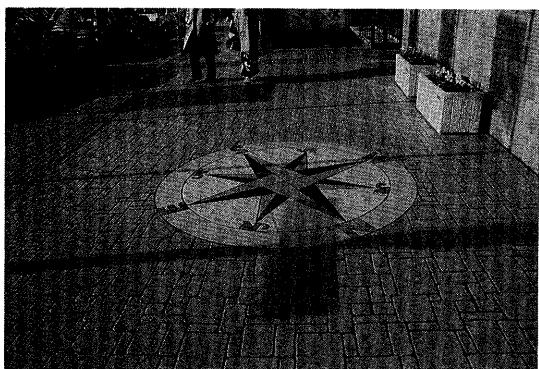


写真-9 特殊型枠を用い自由な絵柄を描くことできる型枠式カラータイル舗装。デザインによる楽しさを、歩く人に与える新しいタイプの舗装。(岡山駅前)

を付きにくくするために表面が滑りやすい仕上げになっているものが多い。この点が安全で歩きやすい街路舗装を考えるうえで重要であり、現在種々の表面仕上げ方が考えられている。

また街路においても古い町並や街路樹に囲まれたものもあり、これらの歩道については公園内舗装のところで述べたような考え方の歩きやすい舗装が用いられている。

## 5. あとがき

歩きやすい舗装という考え方が歩道舗装を設計する

うえで考慮されるようになってまだ日が浅い。従って、歩きやすい舗装とはどう言うものかについての、総合的な評価もまだ十分出来ていない。歩きやすさは、そこを通る人の年令等によっても異なるものである。しかし、今迄ヨーロッパの人々から日本には、本当の意味の人のための道はないといわれてきた道に、現在本当の意味の人のための道をつくろうという考えが定着してきたことは事実である。今後はさらに皆がそこを歩きたくなるような道を作りたいものである。

## — 参考文献 —

- 1) 小野英哲; 床のすべりの評価指標および評価方法の提示, 日本建築学会構造系論文集, 第365号, 1985年10月
- 2) 達下文一, 笹岡浩治, 田中輝栄; 歩行者系道路舗装の総合的評価, 都土木技研年報, 昭和61年

☆

☆

☆

☆

☆

☆

## 磁性体の誘導機能性舗装への適用

坂口 陸男\*・谷本 誠一\*\*・山内 文雄\*\*\*

### はじめに

道路の機能には、トラフィック機能、アクセス機能といった交通機能と、キャブ等の公共公益施設の収容、街路環境の形成、防災機能等の空間機能がある。高齢化・情報化・国際化時代になるといわれる21世紀を目前にして、道路の機能の中身も今、徐々に変遷しようとしている。

舗装は、道路の中でも大きなエリヤを占め、これまで交通機能、街路環境形成機能を重要視した施策が行なわれてきた。しかし、来る情報化時代に重要な公共公益施設の収容機能という面では、キャブシステムおよび光ファイバーケーブル等に見られるように、その多くは道路地下空間に収納されている。舗装 자체を利用した情報施設についても各所で種々の試みがされており、その一つとして本報告では、磁気標識体を舗装に埋設して人や車を誘導する磁気誘導システムの試みについて簡単に紹介したい。

この磁気標識体とは、磁性材であるフェライトを骨材とする舗装材であり、通行させたい位置に帯状に敷設して、人（視覚障害者）や車をこの磁気誘導路に沿って誘導するものである。視覚障害者の持つ白杖および車両には、磁気標識体を検知する磁気センサや電気制御回路が収納されている。この場合、ある程度の厚さの舗装材や雪に埋もれた磁気標識体も検知できる。

磁気標識体とは別にアンテナ板等をその近傍（下面）に敷設することにより人や車両に走行位置などの情報を音声や電気信号で与えることができるのも特徴の一つである。この方式によれば人や車両を安全・正確に誘導する、いわば情報道路としての機能を發揮するものと期待される。

### 1. 各種誘導法とその特徴

#### 1.1 各種誘導法

車両等の機械を自動的に移動や回転させるときに必要となる長さ（距離）や角度、高さ等を非接触的に測定し、それを電圧等で出力できるセンサの技術進歩にはめざましいものがあり、これからの建設機械等の自動化技術の進展に寄与するものと期待される。

車両を自動的に移動させるために誘導する方式には、表-1に示すような多くの方式がある<sup>12)</sup>。これには含めていないが、遠隔からの目視またはテレビを見ながらの無線誘導も移動方式の一つに加えることができよう。しかし、これは省力化よりもむしろ安全性に重点がある。表においてレーザー式は、信号媒体としてレーザーを使用しており、路面にレーザー発振機が設置されている点で他とやや異なる。他は、路面に着目した方式、すなわち路面に敷設した標識体を車両に搭載したセンサで検知しながら誘導する方法（標識体方式）である。視覚センサでスポットマーク無しに路面画像を瞬時に解析しながら所定の位置を自己誘導する方法も検討されているようであるが、現時点においては画像の処理速度や制御ソフト、路面のコントラスト等、難点が多いとされる。標識体方式は、ほぼリアルタイムに誘導でき、ハード・ソフトの構造仕様も比較的単純であるのが汎用される理由であろう。

#### 1.2 磁気誘導方式の特徴

現時点での車両の誘導方式としては、電線に交流電流を流しその磁場を磁気センサで検知する電磁ケーブル方式が最も多用されている。しかし、道路などの屋外で長距離に人や車両を誘導しようとした場合、表-1に示す特徴から明らかのように、電磁ケーブル方式には設備面で幾つかの課題がある。

これら的方式の中で、日本電気㈱等が開発したフェライト等の軟磁性体を磁気標識体とする磁気誘導方式は、次に示すように屋外への適用に非常に適している。特に人を誘導できる点は他方式と異なる。

\*さかぐち りくお 日本道路㈱技術研究所 副主任研究員

\*\*\*やまうち ふみお 日本電気環境エンジニアリング㈱

\*\*たにもと せいいち 日本道路㈱技術研究所 次長

表一1 各種の誘導方式

○利点 ×欠点

誘導方式	概要	特徴
レーザー光線方式	レーザー光を垂直面状に発射して、車両(建設機械など)に搭載した光センサが光を受光しながら直線状に操舵される。土工機械の自動化等に検討されている。	○路面の起伏に影響されずに正確な誘導可能。 ×直線的な誘導しかできない。または直線で囲った範囲内の作業しかできない。 ×誘導路としてレーザー発光設備またはレーザー反射板が路上に必要。
光誘導方式	アルミテープ等反射性のテープを路面に張り付け、車両側から光を発射して反射光を受光センサでとらえて誘導する方式。	○標識体(テープ)を簡易に設置できる。 ×標識体が汚れると誤作動の原因になり易い。 ×分岐、合流はソフトで対応。
電磁ケーブル方式	電線を路面に埋設して、これに交流電流を流し、発生した磁界を磁気センサにより捉えて車両を誘導するもの。工場内搬送車、ゴルフカートなど屋外にも適用されている。 最も実施例が多い。	○適用事例が最も多く、完成度が高い。 ×通電設備が必要。 ×落雷対策が必要。 ×断線により使用できなくなる。 ×誘導路の変更が困難。 ×鉄等金属の影響を受け易い。
ジャイロ方式	車両などの方向が変化した場合の方角を出力するジャイロセンサによって、予め目的地までの距離と操舵角をプログラムして誘導する方式。飛行機や路車間情報システムでの自動車に搭載されている。	○標識体を必要としない。 ×振動等により精度が悪く、スポットマーク等での位置補正が必要。
視覚センサ方式	スポットマーク、バーコード等を路面に敷設し、テレビカメラの映像を瞬時に画像分析し、プログラムされた方向・距離へ車両などを誘導する方式。	○スポットマークでよく標識体量が少ない。 ×周囲環境とのコントラストを別材料でとる必要があり、光方式に近いものとなる。雪など障害物による環境の変化に弱い。 ×ファジー制御などを使用しているが、計算時間がかかり高速度に適していない。 ×装置の規模が大きく、人の誘導には不可。
磁石誘導方式	磁化された標識体(テープなど)を設置して車両に搭載した静的磁場を検知できる磁気センサにより車両などを誘導。 視覚障害者を誘導する例もある。	○路面などに簡易に設置できる。 ×磁気カードが損傷する可能性が高くなる。 ×経年変化により消磁する。 ×他の磁性材が付着し汚れ易い。
フェライト磁気誘導方式(本方式)	フェライトなどの軟磁性体(磁化されない)をテープや混合物にして床や道路に敷設し、磁気センサにより車両や視覚障害者を誘導する。	○磁気標識体の加工が容易であり、屋外でも設置できる。 ○誘導路の増減・変更が容易である。 ○通電設備が必要でない。 ○ひび割れの影響がない(断線しても良い)。 ○汚れや水、雪、上面周囲の舗装(床)材の影響がない。 ×非対象な金属の存在にはソフト的対応が必要。

- ① 路面のごく薄い部分を使用するのみで人や車両の誘導ができる。
- ② 磁気誘導方式では磁力線を検知するので、磁気標識体の上にアスファルト混合物やコンクリートがあってもよい。
- ③ また、路面の土や、水、雪があっても誘導に影響されない。
- ④ 標識体には通電しないので、他の自動車や交通機器などへの電波障害がない。また、磁気標識体への落雷の心配がない。
- ⑤ この方式に使用するフェライトは磁石ではないので、周辺への磁気適な影響(磁気カードの損傷など)がない。
- ⑥ 磁気誘導路の延長、コース変更、補修、点検が容易である。
- ⑦ 磁気誘導路は必ずしも連続でなくともよいので、少々のひび割れには左右されない。したがって鉄道レールの横断、排水構の横断などが容易にできる。
- ⑧ 薄くペイント的に標識体を施工でき、また従来の舗装材料と同様の扱い方もできる。他の方式に比較してメンテナンスフリーである。
- ⑨ 環境や美観性を考慮した磁気標識体を提供することが可能である。
- ⑩ フェライトと鉄は磁気センサで区別できるので、基本的には鉄板上でも誘導できる。  
これらのことから、機能性舗装としてフェライト磁気誘導方式を取り上げ、材料や制御方式などを簡単に紹介する。

## 2. 磁気標識材料

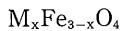
### 2.1 適用できる磁性体

磁気誘導方式の磁気標識体に使用する磁性体は、軟磁性体と呼ばれるものである。磁性体には磁場をかけたときに（磁石に付けたときに）永久的に磁化（磁石化）するもの（硬磁性体と呼ぶ、フェライトではハーフェライトとも呼ばれる）と、砂鉄のように磁化しないもの（軟磁性体、ソフトフェライト）に大別される。以下、本稿においてはフェライトとはソフトフェライトのことを指す。

軟磁性体にはフェライトの他に、アモルファス金属および一部のステンレス鋼や珪素鋼、パーマロイ金属等多くのものがある。この中で、道路舗装へ適用する場合、現時点ではフェライトが経済性や施工性などの観点から優良であると考えられる。

フェライトは鉄の酸化物を主成分とする、天然に産する砂鉄（磁性は弱い）と同様の結晶構造を持つ磁性体で、永久磁石、高周波トランス、磁気テープ等に多く使用されている。これらの多くは工業的（乾式法・湿式法がある）に製造されている。工場や研究機関からの重金属含有排水のフェライト共沈反応法により得られる副産物としてのフェライト（副生フェライト）も使用可能である。また、製鉄残渣、チタン金属製造廃水処理残渣としても同様のスラッジフェライトが得られる。ただし、これらは造粒乾燥などの前処理が必要である<sup>1)</sup>。

フェライトの一般化学構成式は次式で示される。



ここで M : Mn, Zn, Cu 等の多価金属

Fe : 鉄

O : 酸素

Mが MnZn (マンガン亜鉛) の MnZnFeO<sub>4</sub>はマンガンシンクフェライトと呼ばれ、Mが Fe の Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (マグネタイト、砂鉄) と並ぶソフトフェライトの代表的なフェライトの一つである。Mの種類で磁性が大きく異なる。

### 2.2 フェライトの性状

フェライトの性状や製法については多くの文献に報告がある<sup>1)2)3)4)5)</sup>。粒度は0.01μ～10mm (焼結体) まで製法などによって広く分布している。比重は4.8～5.3とやや大きい。

フェライトは酸化鉄の一種の黒錆であり、いわば酸化しきっており通常の暴露環境では安定した状態を保つ。また誘電体であり、磁性と相まってマイクロ波吸

取特性に優れる。フェライトの磁性を利用する場合、粉体の磁性でなく、最終的な混合物（磁気標識体）として評価される必要がある（後述）。

この他に、フェライトには熱伝導率の大きい特徴があり、融雪用舗装材としての利用法<sup>6)</sup>、および比重の大きな特徴を利用した制振舗装としての検討もなされている<sup>7)</sup>。

## 3. 視覚障害者誘導システム

この応用例は、道路に敷設したフェライトで視覚障害者を誘導するものである。

具体的には図-1に示すように、磁気センサを組み込んだ専用の白杖を持った視覚障害者が、歩道や横断歩道の舗装内に埋め込んだフェライトでできた磁気標識体上を歩くと、杖がフェライトに反応して微弱な音や振動で視覚障害者に誘導路を教示するものである。また、磁気標識体の下面に埋め込んだアンテナ板により杖先端部の磁気センサから出ている微弱な信号をキャッチして、スピーカーにより音声による情報案内を行うこともできる。視覚障害者だけに音声情報案内ができるほか、手摺などにタッチスイッチを装着して老人などの健常者にも音声情報案内ができる。交通信号機に連動させれば、いわば「歩行者情報システム」としての拡張性のある点が特徴であろう。

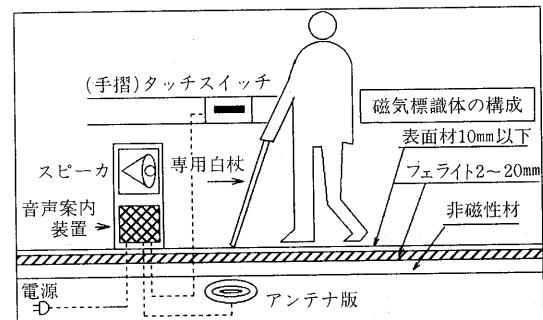


図-1 視覚障害者磁気誘導システム概要図

### 3.1 現状と課題

従来、視覚障害者の誘導方法としては、介助者や盲導犬による方法があるが、道路側からは点字ブロック（点状および線状突起）方式が、昭和47年頃から広く使われている<sup>8)</sup>。駅構内や主要市街地などに網羅されてきている。しかし、近年次のような課題も一部に指摘されてきている。

- ① 松葉杖の使用者やハイヒール使用者が歩きにくい。

- ② 車椅子が走りにくい。
- ③ 横断歩道には設置されない。
- ④ 視覚障害者の履く靴が制限される（底の薄いのがよい）。
- ⑤ 後天的障害者は点字ブロックがあっても屋外歩行が困難である。
- ⑥ 黄色のブロックが景観を損ねる。しかし、色調を黄色以外にすると弱視者が識別しにくくなる問題もある。また、横断歩道の交通信号機と連動した「通りゃんせ」などの音声信号は當時作動しており、騒音等の課題も指摘されている。

フェライト磁気標識体による視覚障害者の誘導は必ずしも凹凸を必要としない、音声案内が可能、などの特長があり、従来の問題を解決できる可能性が高い。また、視覚障害者だけでなく、将来的には磁気誘導電動車イスによって高齢者や身体障害者までも移動補助できること期待される。また交通信号などと連携できるなど歩行者情報システムとしての拡張性も期待できるものである。

### 3.2 構成材料

磁気標識体による視覚障害者誘導システムは主に次の3点から構成される。

- ① 磁気標識体
- ② 専用白杖（磁気センサと制御回路を搭載）
- ③ 音声案内装置（アンテナ板、タッチスイッチ、スピーカーを含む）

磁気標識体の例を写真-1、図-2に、専用白杖の構造を図-3に、音声案内装置およびアンテナ板の例を写真-2に示す。



写真-1 磁気標識体の例

### 3.3 視覚障害者誘導用センサ

#### (1) センサの概要

フェライトを検知する磁気センサは電磁誘導の法則

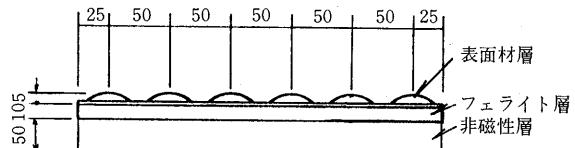


図-2 磁気標識体点状ブロックの例

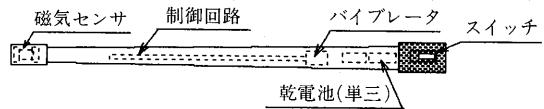


図-3 白杖の構造



写真-2 音声案内装置

を利用している。

視覚障害者誘導用の磁気センサコイルは1個の鼓型のフェライトコアに電線を巻きつけて作っている。そのコイルに高周波交流電流を流すと図-4①のような磁力線（交流磁力線、交互に磁力線の向きが変化する）がコイルから発生し、これに磁気標識体（フェライト）が近づくと図-4②のように磁力線の密度や方向が変化する。これは磁気標識体が高周波磁力線に応じて標識体が磁化（永久的ではない）し、その磁力線とコイルの磁力線の双方が干渉しあった結果としてコイル内の磁力線密度が変化し、コイルにはそれにみあった誘導電流が生ずる。その結果としてフェライトを検知できる。

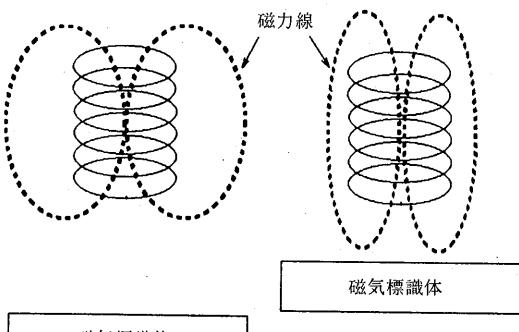


図-4 白杖用磁気センサの磁力線の変化

## (2) 金属との識別

発振器の周波数を変化させて、フェライトおよび鉄にセンサコイルをあてたときの出力電圧を図-5に示す。フェライトと鉄ではピークを示す共振周波数がベース（磁性体がない）の場合に比べて異なる動きを示している。これは、たとえば105kHzで発振すれば図-6のようにフェライトでは出力電圧が+方向に変化し、鉄やアルミニウムでは-方向に変化するように設定できることを示している。この性質は身の回りにある鉄などの金属とフェライトを識別して、誘導できることを意味する。

舗装に設置される磁気標識体については後述する。

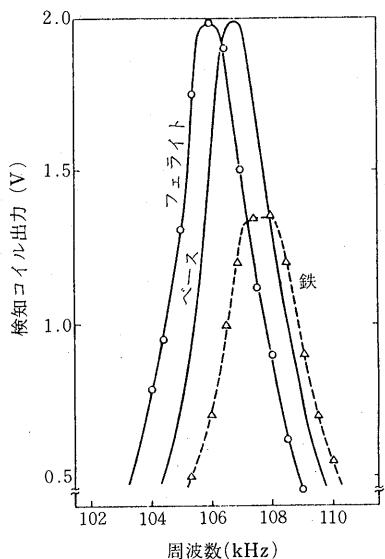


図-5 フェライトと鉄などとの識別



図-6 磁気センサの出力例

## 4. 車両誘導システム

道路や床に帯状に敷設した磁気標識体に沿って各種の車両を誘導するものである。このような定位置を行すことの必要性、目的としては、無人化、省力化、高精度走行化があげられる。現在での誘導例としてはロータリー除雪車、工場内無人搬送車、ビル内の床を走るオフィスカート、病院カルテ搬送ロボット、給食搬送車、ゴルフカート、電動車イスなどがある。

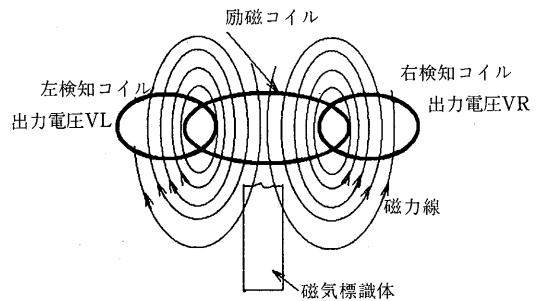
### 4.1 構成材料

車両磁気誘導システムの構成要因は車両本体を別にして、①磁気標識体、②磁気標識体を検知する磁気センサ、③車両に搭載し、磁気センサからの信号を処理して車両に操舵などの信号を送る電気制御回路とかなる。

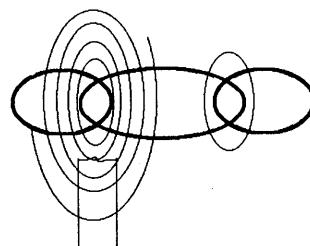
この他に、車両の行う専門作業機能を別にして、正確に誘導走行させ車両の位置を認識する位置情報のためのマーカー（磁石やフェライト、バーコード等）や無線機器・情報機器など、用途に応じて走行の精度を高めるオプション的な機器がある。

### 4.2 車両用磁気センサと制御方式

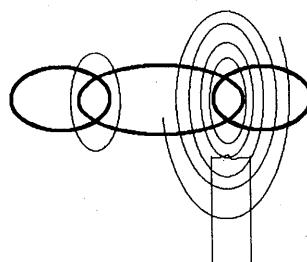
車両誘導用の磁気センサは、図-7に示すように3コイル方式を採用している<sup>11)</sup>。中央に励磁用コイルを置き、これに100kHz程度の高周波交流電流を流し、磁力線を発生させる。この磁力線は磁気標識体があること



① センサ(車両)が磁気標識体の直上にある場合( $VL=VR$ )



② 車両が右に位置した場合( $VL>VR$ )  
車体を左に戻すように制御する



③ 車両が左に位置した場合( $VL<VR$ )  
車体を右に戻すように制御する

図-7 車両用磁気センサと制御方式

によって変化し、磁気センサ（車体）が磁気標識体の中央にあるときは左右に配置した検知コイルに同一の磁力線が通り、磁気センサが標識体の中央にあることを示す。磁気センサと標識体の位置関係がずれると図-7（b, C）に示すように左右の検知コイルを通る磁力線量が変化し、磁気センサはこの差を演算して標識体との相対位置を車両（制御コントロール部）に知らせ、制御コントロール部はこれを基にしてステアリング（操舵）を行い、車体の姿勢を直して、標識体の中央に常に磁気センサがくるようにする。以上のように、車両は標識体の中央を走行し誘導される。

応用されている車両の使用環境は平坦な屋内から凹凸の激しい屋外までさまざまであり、使用される車両用磁気センサも環境にあったものが要求される。現在はセンサの適用できる高さは2cm~20cmまで、種々のセンサが揃えられている。一つのセンサで可能な高さ領域は標識体高さのおよそ±50%であり、用途ごとに使い分けている。

#### 4.3 屋外磁気誘導の必要性と効果

道路での走行に関係の深い車両について説明することとし、ロータリー除雪車の例を写真-3に、電動車イスの外観例を写真-4に示す。

除雪作業は従来、モータグレーデなどの排雪板により側道に一端搔き分けられた後、または直接、ロータリ一除雪車がダンプや遠方に雪を投射して行われる。このロータリ一除雪車はハンドル操作に一人、ロータリ一排雪運転に一人の計二人の要員が従来必要であった。また、夜間運転を余儀なくされており、省力化が叫ばれ、各機関において排雪投射の自動化や操舵運転の自動化が研究されている<sup>14)15)</sup>。磁気誘導方式では、舗装に埋設された磁気標識体を雪があっても識別できるのでハンドル操作を解放できる。これだけでも省力・



### 寫真 = 3 陰雪裏走行實驗狀況



#### 写真-4 電動車イス

安全効果はあり、たとえば崖等の危険箇所のために冬季に閉鎖される山岳道路の除雪作業が可能になる等が期待される。ロータリー排雪の自動化と併用した無人化は将来の課題である。

電動車イスは身障者だけでなく最近老人も乗れるものが多くなってきてている。法規的には時速6km以下で走り、走行者として扱われている。来る高齢化時代には電動車イスの増加が予想されるが、現状の電動車イスの運転はジョイスティック（運転レバー）方式が多く、走行位置の微妙なハンドル操作が困難で、長時間の運転では疲れ易い、といった課題がある。ましてや身体の不自由な人はなおさらである。磁気誘導方式ではこのハンドル操作を解放できる。しかも、磁気標識体は視覚障害者誘導システムと同じものを使用できる。もちろん前方の人や障害物に対してはぶつからないよう光障害物センサなどで制御される。

## 5. 磁氣標識体

## 5.1 磁気標識体の種類

視覚障害者誘導の場合には、周囲の舗装環境にマッチした素材とするために、様々な製品のグレードが必要である。フェライトはアスファルトやセメント、樹脂との混合性が高く、さまざまな成型や現場施工が可能である。現在開発された磁気標識体を表-2に示す。

なお、表面に天然石材を使用したい場合には、天然石を10mm厚程度に切断して、下層に磁気タイルやフェライトセメント混合物を付着させることで適用可能となる。

道路用車両の誘導に適用される磁気標識体は、幅が狭くなる点を除けば基本的には視覚障害者誘導のものと同じである。

## 5.2 磁気性状の評価方法

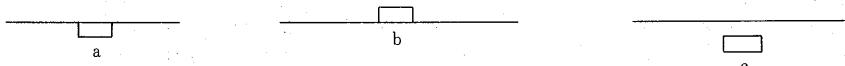
表-2 磁気標識体の種類

標識体のタイプ	バインダ	製造・施工法	寸法(例)(mm)※	形態	用 途	特 徴
セメント ブロック	セメント	成型品を敷設。通常の平板・ILB等と同じ施工法	300*300*60 他にILB等	a ☆	視覚障害者誘導 電動車イス誘導	さまざまな形状寸法・周囲環境にあつた色彩に成型できる。
磁器タイル	焼結	成型品。下層に使用。 張り付け施工	150*150*8 100*100*8	c	視覚障害者誘導 屋内搬送車誘導	磁性は最も高いが、割れ易い。 上面に高級材料を使用できる。
プラスチック シート	塩ビ、PP等	連続シート。工場内製作 張り付け施工。	300*2*1000 100*2*1000	b	屋内(視覚障害者誘導)	薄状で設置が容易。磁性は弱く、摩耗しやすい。
マスチック (フェライトアス)	アスファルト	加熱混合流し込み。 熱溶着タイプ	300*(2~15)* 100*(2~15)*	a, c	視覚障害者誘導 搬送車誘導	道路区画線のように施工が容易。経済的。美観に難点。
樹脂	エポキシ樹脂 MMA等。	現場コテ仕上げ施工。	300*(2~5)* 100*5*	a, b	視覚障害者誘導 搬送車誘導	機械化施工が困難。やや可 能時間に難点。 表面は黒色。

☆磁気標識体の埋設形態

※視覚障害者: 幅300~600mm主として300

搬送車誘導: 幅30~300mm主として100



舗装に埋設される磁気標識体は、舗装材料としての機能の他に磁気センサおよび制御回路との関連で満足な磁気特性をその供用期間の間保つ必要がある。標識体の磁気性状を評価する方法には、物理学的な初透磁率を測定したり、磁気センサや磁気センサを収納した白杖で検知高さを測定するなど、種々の方法がある。屋外での簡便でバラツキの無い測定を考えると、次の2つの方法が提案できる。

一つは、写真-5に示すように、こぶし大の磁気センサを直接磁気標識体にあててその磁気性状を電圧にて表示する測定装置である(磁気感度測定器)<sup>9)</sup>。持ち運びが容易なので簡単に測定できるが、測定領域が狭いのでポイント的な磁気性状データが得られる。

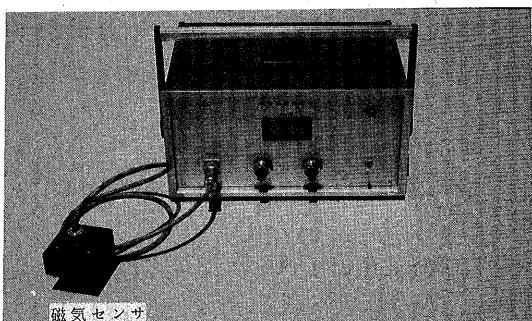


写真-5 磁気感度測定器

もう一つは写真-6に示すように半径30cm大の磁気センサ(写真では見えないが)を測定車の下部に装着して、測定車を標識体に沿って無人で自動走行しながら標識体の縦横断方向の磁気性状を連続測定するもの

である(磁気感度測定車)<sup>10)</sup>。屋外の長距離に設置した標識体の測定を行う。使っている磁気センサの出力は双方で異なるが、両者の出力と初透磁率との間には相関関係があり、それぞれ換算することができる。



写真-6 磁気感度測定車

### 5.3 標識体の磁気性状

図-8は磁気感度測定器で測定した、厚さおよびフェライト含有量の異なる標識体の磁気性状の例である。出力電圧が大きいほど磁気性状が大きい。

磁力線は距離の3乗に反比例して小さくなるので当然ではあるが、センサ高さが高くなると測定器の出力電圧は小さくなっている。また、厚さは厚くなるほど出力電圧は大きくなるが、飽和する傾向があるので5mm以上では厚さの効果は少なくなる特徴がある。

磁気センサを組み込んだ杖は、小型磁気感度測定器で約100mVの磁気性状で反応するように設定している

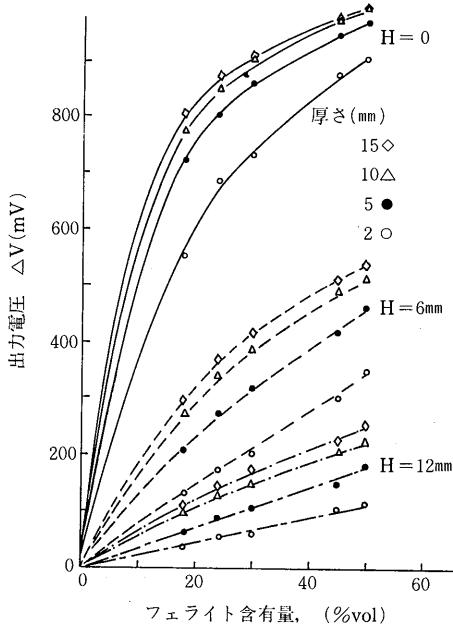


図-8 出力電圧とフェライト含有量の関係

ので、杖の検知高さは最大で約20mm程度となる。100mVの線を同図に引いてセンサ高12mmにおけるフェライト層の必要厚さとフェライト含有量との関係を求めるところが表-3のようになる。標識体には色調や強度の関係から顔料や他骨材を混入することがあるので、これをもとに配合や厚さを決定できる。非磁性材のかぶり厚を決定する場合にも同様の手順で求められる。

表-3 磁気標識体の最低厚さ

フェライト含有量(%wt)	50	60	80	84以上
表層フェライト部の厚さ(mm)	10	5	2	1.5

### 5.5 標識体の力学性状

道路に敷設される磁気標識体には、周囲の舗装材料と同等の力学性状を保有することが要求される。フェライトはいわば金属であり、骨材としての性状は遜色

ないが、粒度の異なるフェライトが揃っており標識体の種類ごとに目的にあった力学性状になるよう配合を調整しなければならないのは従来舗装用混合物と同じである。磁気標識体を提供する場合の仕様の例を表-4に、アスファルト混合物としての性状例を表-5に示す。

表-4 磁気標識体に要求される仕様例

標識体のタイプ	仕 様 例
セメントブロック	歩道用平板(曲げ・衝撃強度)…JIS A 5304 テラグ(強度)…JIS A 5415
磁器タイル	曲げ強度、摩耗、吸水率…JIS A 5209
プラスチックシート	ビニル床シート(JIS A 5707)準拠
アスファルトマスチック	動的安定度、摩耗、すべり…アス舗装要綱準拠。温度応力破壊温度…日道社内法 <sup>16)</sup>
樹脂常温施工	例えば モルタル工法樹脂系薄層舗装要領書 …樹脂舗装協会 RPA-88-21

## 6. 展望と課題

### 6.1 視覚障害者誘導システム

視覚障害者誘導システムの適用事例は現在50を数えるまでになった<sup>13)</sup>。しかし、杖を普及させるには期間が必要であり、杖を配置しやすい福祉センタなどの屋内が多いのが現実である。まだ過渡期にあるといえる。道路の事例は増えつつあるが、これができると周囲の公共的建物や周辺道路に広がる可能性はある。また、磁気センサの機能を利用して交通信号機と連動したり情報案内機能を付加することは技術的には可能であり、将来の高齢化・情報化時代に向けて、情報道路システムとしての進展が期待できる。しかし交通信号機との連動は交通安全上、幾重にも考慮された安全策が必要なのはいうまでもない。

### 6.2 車両誘導システム

工場内搬送車やゴルフカートの適用事例は多い。実

表-5 アスファルトマスチックタイプの配合と性状例

用 途	配 合			流動性 (リュエル式)	動的安定度 D.S.(回/mm)	温度応力 破断温度	ラベリング 摩 耗 量	すべり抵抗 (BPN)
	低針入度アスファルト	改質材※	フェライト					
車道用	5.7%	2.8%	91.5% φ7mm以下	5 SEC (220°C)	チップ無 520 チップ有 850	-27°C	0.45 (cm <sup>2</sup> )	63
歩道用	6.75%	3.25%	90% φ0.6mm以下	1 SEC以下 (200°C)	110	-26°C	—	60

※ 3種(樹脂・ゴム)混合

道路への適用、特に除雪車や電動車イスへの適用は一部のメーカーと官庁で取り組み始められているが、まだ実験が開始された段階といってよい。しかし、磁気誘導システムは車両誘導の面でも他の方式に比較して優れた点が多く、かつ将来進展する視覚センサ等の他センサや制御技術と併用したシステムに組み合わせることも可能であり、また、除雪車誘導においては車道や歩道に設置された磁気標識体を利用して草刈車両やトンネル内掃除車両、路面掃除車両等の道路維持機械の誘導にも併用できるといった進展も将来考えられよう。

電動車イスについては、身体障害者の施設内に導入した事例がある。健常者のような操作ができないので好きな場所に置いた操作パネルを一度押すだけで、エレベーターを自動的に操作して（アンテナ板を利用）目的の部屋に誘導できるようにしている。屋外ではもっと簡単なプログラムでよく、役立つことが理解されれば、将来は車イスが走れる標識体の設置や専用道路の設置が必要になってこよう。

## あとがき

舗装の一部に磁性のある磁気標識体を帯状に敷設することにより、視覚障害者や建設車両などを誘導できる、磁気誘導システムについて紹介した。機能性舗装の一つとして本試みが参考になれば幸いである。

磁気誘導システムの基本的な構成材料はほぼ整ったと考えられるが、課題も多い。応用車両の新しい開発だけではなく、むしろ磁気標識体の設置をいかに拡大するかが現時点における大きな課題である。すなわち誘導路の施工技術だけでなく、利用者の立場に立った誘導路設計のいわばソフトの充実化という課題がある。関係機関の御理解と御協力を頂戴して、磁気誘導システムが新たな展開や拡大につながれば幸いである。

最後に、この磁気誘導システムの開発に当たって最初（昭和56年）の段階から御指導を頂いてきた北海道工業大学の間山教授、また開発の中心的な役割を果たされてきた日本電気環境エンジニアリング㈱辻俊郎社長ならびに日本電気㈱資源環境技術研究所をはじめとする関係機関の方々に深く感謝申し上げます。

## — 参考文献 —

- 1) 坂口陸男、森道夫、山内文雄：副生フェライトの磁気標識体への応用、舗装、Vol.23 1988.10
- 2) TDK㈱：with フェライト、日刊工業新聞社、1986
- 3) 間山正一、山内文雄：副産物フェライトを利用した磁気標識体、土木学会論文集、第379号、1987.3
- 4) 間山正一、山内文雄：副産物フェライトの土木工学への応用、土木学会誌、1987.5
- 5) 奥田胤明、石原敏夫：フェライト法による重金属廃水の処理、NEC技報、Vol.37 1984.9
- 6) 森道夫、永井英章、坂口陸男：熱解析による高熱伝導率舗装材料の融雪効果、日本道路会議一般論文集、第18回、日本道路協会、1989.10
- 7) 間山正一、坂口陸男、小菅生重信他：舗装体の振动測定法、土木学会北海道支部論文集、1986
- 8) 日本道路協会編：視覚障害者誘導用ブロック設置指針・同解説、丸善、1985.9
- 9) 坂口陸男、長瀬一孝、山内文雄：視覚障害者誘導システムの誘導路用材料の性状、日本道路会議一般論文集、第18回、日本道路協会、1989.10
- 10) 坂口陸男、山内文雄、三浦徳紀：磁気誘導路の自動検査、日本応用磁気学会学術講演概要集、第11回、1987.11
- 11) 三浦徳紀：フェライト誘導式無人搬送車の特長と内容、無人搬送システムガイドブック、流通研究社、1986.7
- 12) 高橋輝雄：無人搬送車の種類と特長、無人搬送システムガイドブック、流通研究社、1986.7
- 13) 坂口陸男、吉田健二、松村孝好：視覚障害者誘導システムの適用事例、日本道路会議一般論文集、第18回、日本道路協会、1989.10
- 14) 萩原哲雄、上村弘、中川毅志：除雪機械の自動化について、建設ロボットシンポジウム論文集、第1回、日本産業用ロボット工業会、1990.6
- 15) 佐山惣吾、若海弘夫、梅田信美他：フェライトをガイドとする除雪車誘導システム、日本応用磁気学会学術講演概要集、第14回、1990.11
- 16) 田井文夫、野々田充、徳光克也：アスファルト混合物の温度応力試験、日本道路会議一般論文集、第16回、日本道路協会、1985.10

# 外部空間のデザイン手法と舗装材について

石 田 勝 大\*

## 1. はじめに

昨今、景観デザイン、アメニティー空間の追求等街づくりにおいて、より美しく、快適にかつ個性的に整備しようとする気運が盛り上がっている。しかしながら、都市景観を構成する要素は街路、建築、公園等の所謂る都市施設であり、構造物そのものであるが、さらに広義には大地、空のひろがり、空気等の自然系、及びその地域の歴史、伝統、文化、祭り、さらにはそこに住む人々のライフスタイルと言った人文・社会系の要素も入るであろう。

アメニティーのある街づくりとは、それ等が複雑に絡み合いながら、ある種の調和があって初めて成立することになると考えられる。

ニュータウン計画において外部空間を構成し、その基調となる舗装材についても、それが単独で検討されることはあり得ず、どの様な空間がこの場所（地区）に適し、その表現としての舗装材を機能性、安全性に留意しながら選択することが重要であろう。一例として住宅街を注意深く観察していると、ややもするとその場合に合わない高価な舗装材料を用いて閑静なふんいきをこわしていると言った風景を見ることがある。

オープンスペースの整備計画に際し、そのデザイン手法を類型化することは、街づくりが都市的スケールから個人庭園的スケールまでも包含しているため、かなり困難であるが、今回、私どもが日常業務として行なっているニュータウンを中心に、アメニティー空間と舗装材について、主に空間構成上、風景としてそれ等がどの様に感じられるのか、事例を紹介することとした。

## 2. 各種の空間構成

### 1) 軸をつくる

都市空間を秩序立て、方向性や象徴性を表現する。ヨーロッパの都市には随所にみられる景観であり、パ

リのシャンゼリゼ通りはその典型であろう。我が国の近世の都市の多くは城下町等から発展してきたせいか、あまりみられない。例として神社等の参道があげられる。写真-1は多摩御陵の参道であるが、ケヤキ並木とアスコン舗装の構成になっている。樹木のダイナミックな表現から、車道はむしろネガティブな空間であり、周辺のみどりに溶け込んでいる。住宅地開発での事例として、写真-2は新本牧地区である。ケヤキ並木とインターロッキング舗装であり、住宅地内の軸を形成し、建物とのカラーコーディネイト（茶系）が行なわれ、統一性と高級感が感じられる。

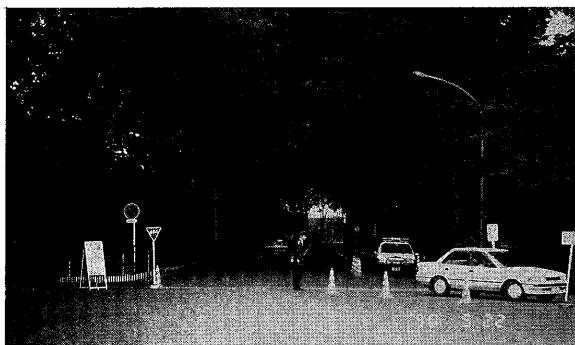


写真-1 多摩御陵の参道



写真-2 新本牧地区の住宅街

\*いしだ かつひろ 住宅・都市整備公団首都圏都市開発本部 八王子開発事務所 事業計画課課長代理

一方、都市スケールで舗装のデザインがより積極的に軸を構成している事例として、多摩ニュータウンのセンター歩行者専用道路がある。商業、業務、行政施設等が集積するセンターにあって多様なアクティビティを受けとめ、都市軸を形成させる意図が感じられる。タイル系を基調とする舗装パターン、照明灯、サイン、手摺り、排水側溝等に至るまできめ細かいデザイン処理が為され、竣工後10数年経て、人々の生活感覚がより高級化・本物指向化した現在においても、ストリートファニチャー類の塗装等に劣化が見られるものの、魅力を感じる空間であると言える。



写真-3 多摩センターの歩行者専用道路

また、小規模なニュータウン開発においても軸をつくる事は可能である。写真-4は歩行者専用道路( $W=4\text{ M}$ )と区画道路( $W=4\text{ M}$ )を一体的に処理し、広がりのある空間になっている。車道部及び歩専道の平場部分は、インターロッキング舗装を使用し、テラス状階段は現場打ち洗い出し舗装である。電柱は反対側の道路に設置し、軸線からは目立たない工夫し、照明灯はフットライト方式にした。また、宅地内には擬石

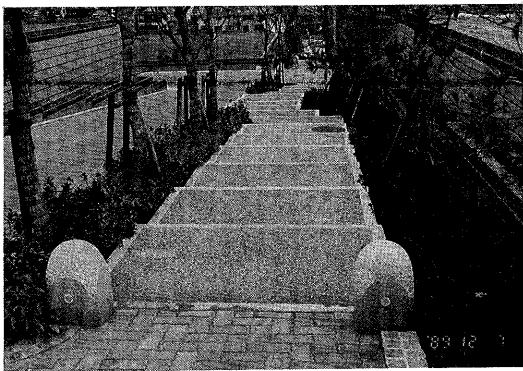


写真-4 大住台ニュータウン

によるフラワーベルトを設け、コンクリート土留擁壁は擬石と同系色のカラーリングを施した。この様に狭いスペースであっては景観エレメントのディティールをきめ細く検討することにより、環境をより豊かにすることが可能になる。

### 2) つなげる

一般的に交通計画上の主動線ではなく、主としてゆっくりと歩くこと自体が目的の空間である。したがつて計画に際し、平面線形、巾員、周辺の環境等においてヒューマン・スケールな空間が望まれる。

写真-5は、花博(EXPO'90)会場で使用された透水性樹脂舗装である。にぎやかな(喧噪な?)な会場内にあって、一瞬ほっとする植物園的なふんいきをかもし出している。ここでの舗装は、草花等の自然的環境を演出、支援する素材が求められている。本舗装の特徴は、種石を透明な合成樹脂等で固めたもので、種石の種類や粒径を変えることも可能であり、幅広いテクスチャーを表現できる。

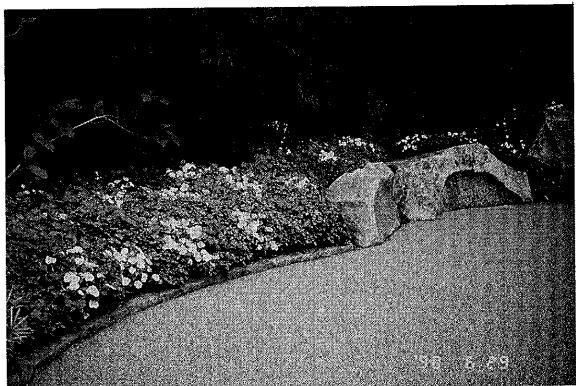


写真-5 花博会場

### 3) 広がりをつくる

住宅地計画において、区画道路と宅地との接点、つまり「公的空間」と「私的空间」との間にいわゆる「セミパブリック空間」を存在させることにより広がりのある空間を創ろうと各地で試みられている。

写真-6は宅地側に植栽・フィットライトを設置し、玄関、カーポートの舗装材は小舗石とし、道路面の「地」としてのアスコン舗装と「図」としての小舗石舗装とのデザインを合わせている。単純なデザインパターンであるが、各々の個性ある建物に対し、住宅街としての秩序性やアイデンティティーが感じられる。

写真-7は北摂ウッディータウン内の戸建住宅である。玄関横にアルコープを設け小広場を形成している。

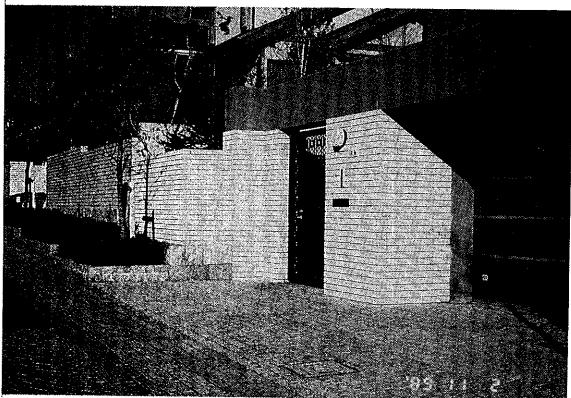


写真-6 土気あすみが丘ニュータウン

個人の敷地であることは言うまでもないが、コミュニティの場として街路と一体となり人々の共有空間になる事を期待したい。

### 3. おわりに

空間構成と舗装材の使われ方について、主として景観、デザイン面から紹介したが、今後、様々な角度からさらに検討を加えていきたい。結論としては同じ類

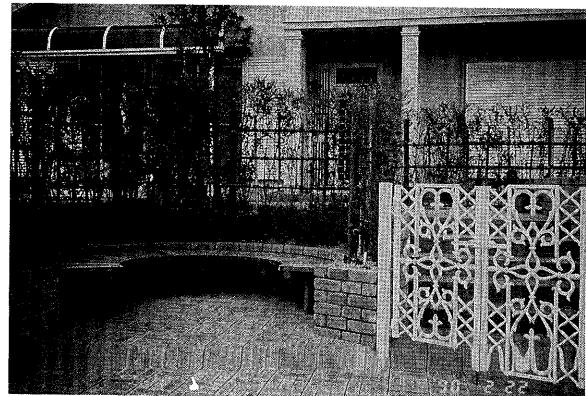


写真-7 北摂ウッドサイドタウン

型であったとしても、そこに使われる舗装材は決して同じでなく、むしろ冒頭に述べた様に景観構成要素をきめ細く検討する事により、個性的でアメニティーを感じるオープンスペースを創り出せると理解している。

最後に快適な、ふれあいのある街づくりを推進し実際に移すためには、様々な分野の人々の参画を求ることになるが、今後とも日々の業務のなかでチャレンジしていきたい。

## 石油アスファルト統計月報

B5 : 16ページ ¥500 (送料は実費) 毎月 1日発行

アスファルトに関する統計  
資料を網羅し、月毎に発行する  
統計月報です。

広くご利用いただけるよう  
編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号  
和孝第10ビル

社団法人 日本アスファルト協会  
アスファルト統計月報係

### — 目 次 —

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

# 舗道にて

田中輝栄\*

季節は舗道の顔を変え、また季節の違いは、おおいに人の意識も変える。また、様々な顔の舗道があり、様々な顔の人がそこを歩く。そのような中で、舗道に敷き詰められている舗装は、そこを歩く者の意識に何か感じさせてくれるのか。舗道を敷き詰めている舗装は、そこを歩く者にどれだけの快適な気分を与えることができるのか。舗装で飯を食ってきた筆者にとっては、舗道を歩いているとき、常に我々の足元にある舗装からの影響、舗装の役割を気にせずにはいられない。舗装であれこれ快適性を追求しても所詮都市全体の快適性を考えることからすると非常に小さなフィールドであるかもしれない。しかし、人はどこに行くにしても必ず通るところである。そこを避けては、どこにも近づくことはできない。このことは、快適な都市造りを進めるにあたって、逆に非常に大きな役割を舗装に与えているような気がする。

このような認識に立ち、季節の変化に対応して様々に変化する舗道を通して、筆者が日頃感じている舗装の与える快適性について記してみたい。

## 1. 夏

今年の夏は、水不足が特に問題化したほどこれほど陽の光を厳しく感じた時はなかった。筆者は、この夏出張で山梨のほうに行ったが、電車を降りるとその後に一瞬フワッと目眩がして倒れそうになった。後でテレビニュースを聞いた時、この地方では、気温が40℃近くまで上昇したということで、筆者にとっては、初めての経験であった。このとき歩いた舗道がどのようにになっていたのか記憶があまりない。東京にいても、街中の舗道を歩いている時には、直接陽の光を浴びないように少しでも日蔭のところを歩こうとしてしまう。そこには、舗道が何でできているのか、何色なのかななどといったことはほとんど意識の中には入ってこず、ただただ大きい街路樹が長く並び日蔭が続いているだ

けで、安堵の気持になった。このときは、特に街路樹のありがたさというものを深く感じた。街路樹がなく全く日蔭というものが無い舗道を歩いているときは、陽の光が路面から反射し非常に眩しく歩きにくい。特に、白っぽい色で平滑なものが反射が激しい。また、足元から熱気が伝わってきて真夏に床暖房の上を歩いているような気分になる。特に、アスファルト舗装のような黒っぽい色の舗装がこのようないい傾向が強いよう気がする。このようなときには、きれいでないから陽の光が反射しにくい目に優しい、そして暑さが伝わりにくい舗道があれば快適に歩けるのではないかとつくづく思う。夏の舗道から強く感じるのは、目からの感動的な美しさに対する意識ではなく、目や体から直接的に受ける肉体的な意識ではないだろうか。

## 2. 秋

ギラギラした陽の光が容赦なく降り注いだ夏が過ぎ、ようやく気候が落ち着いてきた秋。陽の光も和らぎ、日差しの強さが気にならなくなってくるとどういうもののか舗道を歩いていると街並みの美しさが気になってくる。最近では、昔からの材料や新しく開発された材料まで各種の材料があり、また使用されている。ガラス張りの洒落た喫茶店や高級なブティックなどが立ち並んでいるところに真っ直ぐにつながっている舗道には、昔からの小舗石が似合うし、また赤茶色のレンガブロックやインターロッキングブロックも似合いそうだ。そして、街路樹がさらに歩く者の見る意識に対する効果を上げる。しかし、せっかくお化粧した舗道を台無しにするほど様々なものを舗道上に置きっぱなししているようなところも多くみかける。商店街によくみかける風景だ。このような場所では、逆にお化粧したことが不釣り合いとなり歩くものの見る意識に対してマイナスの効果を与えている。かえって見たならしく見える。また、舗道上にいろいろなものが置いてある

\*たなか てるえ 東京都道路管理部保全課

ため歩く者にとって歩きにくい。舗道を利用するには、健常な者だけではないことを忘れてはいけない。舗道をお化粧しようとする目的は、景観をよくして地域の発展を図ろうとすることが含まれているのだから、地域住民はその効果をマイナスにさせないような努力が必要であろう。秋は、最も目から感動的な意識が伝わってくるし、その逆によく見えるから不快なこともよく感じるような気がする。

### 3. 晩秋

枯葉が舞い始め恋人たちが腕を組み、微笑みながら歩く晩秋。

両側に高い背の銀杏並木がトンネルのように真っ直ぐと続いた幅の広い舗道を筆者は知っている。ここは、都心にあり、よくスクリーンに登場するところである。この季節になると、この舗道は黄色に染った銀杏の落ち葉でいっぱいとなる。この落ち葉を踏みながら物思いにふけながら歩くのは最高に秋を感じる。この舗道は、透水性のアスファルト混合物を使っている。アスファルト舗装では快適な舗道を表現できないと堅く心に思っている読者は、一度この場所を歩いてみることを勧める。秋以外の季節で、銀杏の落葉が足元を詰めていかないときでも、大きな銀杏並木のトンネルが歩く者を快適にしてくれる。これは、沿道状況のすばらしさと舗装幅員の広さが快適性に大きな効果を与え、アスファルト舗装がマイナスの効果となっていない良い例である。

このような特別な場所でなくとも、枯葉が舞い、枯葉が舗道を埋める季節は、舗装の種類に関わりなく舗道を快適にしてしまわないだろうか。

### 4. 冬

ビルの谷間に冷たい木枯しが吹き抜け、コートの襟を立てた恋人たちが肩を寄り添って足早に歩いて行く、街路樹もすっかりまる裸の冬。

足元から寒くなってくるこのような季節には、せめて足元が冷たくなりないような舗道がほしい。マッチ売りの少女が凍えてしまわないような暖かみのある舗道がほしい。例えば、木を使った舗道はどうであろうか。現在ある材料の中では、一番冷たさを伝えにくいいのではないだろうか。都心では無理かも知れないが。

冬は、夏とは逆に、冷たさを感じさせず、逆に暖か

みを与えてくれるような色彩、肌目などをもったぬくもりの感じられる舗道がいい。

### 5. 春

寒さも弱まり、南風が吹き、桜が咲き、元気いっぱい新しい生活へ出て行く楽しい声が聞える春。

心が、うきうき弾んでいるときなどは、人とおしゃべりで舗道の有様は、あまり意識しない。況して、きれいな桜の花が咲いているのに自分の足元など意識する者はいないだろう。気にするとすれば、花見の後の静けさときたならしさが目につくことであろうか。ごみに埋れた舗道は、いかにきれいな材料を使っていても快適には感じない。

### 6. 梅雨

うららかな春もすぎ、暑い夏を迎える挨拶のような梅雨。

この季節になると、舗道に降った雨が溜まって歩く者を困らせる。この季節には、歩くものにとっては、美しさより排水性の良い舗道が快適である。

また、このような季節にはすべりやすい舗道は悲劇的である。あるビジネス街の舗道で、雨の日に小さい子供と母親が歩いていく。子供は、足を進める度にすべりそうになり、母親は一生懸命子供を支えている。このような光景を筆者は現実に目にしたことがある。その舗道は、タイルで仕上げられていた。確かにタイルは、色彩が豊で、組合せがいろいろと工夫ができるきれいな舗道を作ることができる。しかし、舗道は建物のロビーではない。舗道を建物の延長としてお化粧させては危険がいっぱい。すべりにくく加工した美しいタイルも多く開発されているのだから、舗道造りに関わる者は、場所を考え、材料を選択してほしい。

このように、季節ごとに歩く者の意識は変化する。我々は、四季を通して全ての欲求に答えようとする快適な舗道を造り上げるのは不可能であろうか。夏には足元が冷やかで目に優しく陽の照りかえしがなく、秋には感動的な美しさを持ち、冬には足元を暖めてくれ心も暖めてくれる、春には浮き浮きさせてくれるような、雨が降っても気にせずに歩くことができる。このような舗装で敷き詰められた舗道はいつも快適。

不可能であろうか。

## アスファルト舗装工学を目指して(2)

今回は、「交通荷重測定とその利用」と題して報告していただくことになった。舗装の設計を研究テーマとしているワーキンググループの成果で、都庁土研の峰岸さん、鹿島道路の金井さん、東亜道路工業の村山さんの力作である。言うまでもなく、交通荷重は舗装に外部から加わる要因としては最も重要なものの一つである。すなわち、交通荷重の大きさそのものの分布だけでなく、タイヤの接地圧や車輪の走行位置など、様々な因子が舗装の破壊に大変大きな影響を及ぼす。これらをありのままに設計法に取り込むことはかなりの難儀であろうが、近年の様々な測定装置の開発によって、少なくとも技術的な制限は急激に取り払われつつあるようと思われる。

このような中で、この交通荷重に焦点を当て、近代的な測定装置の原理や測定方法を紹介し、それらを用いた測定結果や、荷重が舗装の破壊に及ぼす影響などについて検討をしていただいたことは大変有用であり、かつ時宜を得たものであろう。

ところで、本研究グループの各メンバーは5つのワーキンググループのうちの1つに属していたが、本年

の夏合宿以来、各人がそれぞれ2つのワーキンググループに属するようになり、より幅広い研究活動が行えるようになった。当初の目標である舗装工学とでも称し得るような1つの学問体系を最終的に確立するまでにはまだまだ道のりは長そうであるが、前回および今回まとった成果を拝見するにつけ、展望はかなり明るいように思われる。解決すべき問題の整理だけでも相当な作業であるにもかかわらず、このような成果が次々とまとまっていくことに対しては脱帽の気持ちで一杯である。

次回は、維持修繕に関連して、「各国のオーバーレイの設計法」についてとりまとめさせていただこう予定である。また、前にこの場で簡単に紹介した、主要外国文献のデータベース化の作業もデータの入力が終了し、まだ試作段階とはいえ、キーワードや著者名から文献を検索するシステムも完成し、現在その出来具合を検討中であるので、最終的に完成し次第、この誌上で御報告をさせていただければと考えている。

(姫野賢治)

### アスファルト舗装技術研究グループ名簿

\* 姫野 賢治 北海道大学工学部土木工学科

\* グループ長 \* \* 班長

石井 広明 世紀東急工業㈱技術研究所  
泉 秀俊 日本舗道㈱技術部技術第二課  
伊藤 邦彦 大成道路㈱技術研究所開発研究室  
伊藤 達也 日灘化学工業㈱技術研究所  
梅野 修一 運輸省港湾技術研究所滑走路研究室  
榎戸 靖暢 日本道路公団建設第一部建設第一課  
岡藤 博国 世紀東急工業㈱技術部技術開発課  
笠原 彰彦 日本舗道㈱技術研究所第二研究室  
金井 利浩 鹿島道路㈱技術研究所  
神谷 恵三 日本道路公団試験所舗装試験室  
菅野 伸一 常盤工業㈱技術研究所  
久下 晴巳 日本道路㈱技術本部技術研究所  
小笠 幸雄 大林道路㈱技術部技術課  
小林 孝行 昭和シェル石油㈱中央研究所  
鈴木 秀輔 大成道路㈱技術研究所開発研究室  
竹井 利公 熊谷道路㈱技術研究所

田中 耕作 鹿島道路㈱技術部  
田中 輝栄 東京都建設局道路管理部保全課  
\* \* 谷口 豊明 大成道路㈱技術研究所施工研究室  
富田 弘樹 日本舗道㈱経営企画部企画課  
野村 健一郎 大成道路㈱技術研究所開発研究室  
野村 敏明 日灘化学工業㈱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  
\* \* 藤田 仁 日本道路㈱技術本部技術部調査課  
増山 幸衛 世紀東急工業㈱技術部技術開発課  
\* \* 南沢 輝雄 ㈱バスコ道路技術センター情報技術部  
\* \* 峰岸 順一 東京都土木技術研究所舗装研究室  
村山 雅人 東亜道路工業㈱技術研究所  
湯川 ひとみ 鹿島道路㈱技術研究所  
横山 稔 昭和シェル石油㈱アスファルト室  
\* \* 吉村 啓之 前田道路㈱技術研究所第一研究室

# 交通荷重の測定とその利用

峰岸順一\*・金井利浩\*\*・村山雅人\*\*\*

## 1. まえがき

交通荷重が道路、橋梁および車両自身に与えるダメージについての研究は、各国で注目されており、交通荷重を測定することが重要視されている。そして、貨物車両の過積載荷重は、道路や橋梁の早期破損の進行や車両の走行時の危険性を増すことから、各国で貨物車両の総重量や軸重に制限値を設けている。

1984年7月にイギリス、アメリカ等を始め日本を含む24ヶ国が構成員であるOECD(経済協力開発機構)では、貨物車両の荷重測定と過積載車両の発見や規制方法に関する各の専門家の意見を集約することを目的として、イギリスが中心になりワーキンググループが設立された。1988年に発表されたOECDのワーキンググループの報文「過積載車両と荷重測定」は、PartA、Bに分かれており、PartAは、ワーキンググループの総括的な報告で、各国に於ける貨物車両の荷重測定装置及び装置の利用方法、重量制限と過積載荷重の程度について報告され、過積載荷重を把握することの重要性が述べられている。PartBでは、1986年6月、過積載車両と荷重測定について詳細に検討するために行なわれた、OECD/TRRLのセミナーの中で報告された24の報文と討議の概要が記載されている。また、6種の動的荷重測定装置WIM(Weigh-In-Motion)を、TRRLの試験路で適用した結果についても報告されている。

本文では、この報文をもとにOECD各国の軸重測定装置と測定方法、重量制限と過積載荷重の程度、荷重測定の結果及び今後の動向を中心にとりまとめて報告する。

## 2. 荷重測定の目的と装置開発の経緯

### 2.1 荷重測定の目的

交通荷重を測定する目的は各国様々であり、主なも

のは①道路・橋梁の破損と交通荷重の関係の解析②道路・橋梁の設計および維持管理③交通取締り(過積載)④車両の安全確保と道路情報の収集⑤車両の通行料・課税の決定⑥車両の設計⑦経済動向の判定等である。

道路の管理と荷重測定の関係は、図-1に示すとおりである。(1)は交通荷重から損傷を受ける道路を表し、日常の荷重調査(4)を行なうことによって得られるデータは統計解析等が行なわれ、道路設計(5)に生かされる。この荷重調査データと道路の路面性状等の物理的な性状調査(3)との関係から道路設計(5)を見直す過程を示している。解析データは、道路設計(5)や車両の安全性の基準から車両の設計(2)に反映される。また、車両毎の舗装に与えるダメージ等から通行料・課税が決定される。そして、法律による重量チェック(6)に伴う法律の施行(7)により道路や車両の安全を確保する。そして、ドライバーによる重量チェック(8)により過積載や車両総重量の自主管理を行なうことが可能なフローとなっている。道路管理の最終的な目的は、適切な交通荷重の把握を行なうことによって道路の設計期間と実際の

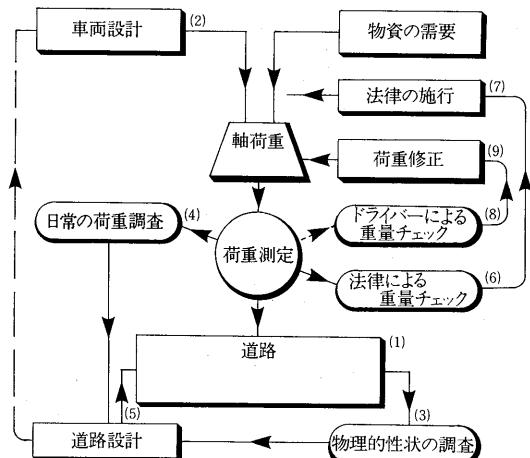


図-1 道路の管理と荷重測定の関係

\*みねぎし じゅんいち 東京都土木技術研究所技術部

\*\*\*むらやま まさと 東亜道路工業(株)技術研究所

\*\*かない としひろ 鹿島道路(株)技術研究所

供用期間を一致させることに主眼がおかれており、日常の荷重調査(4)を行ない、物理的な調査(3)との関係から道路に与えるダメージの検討を行ない道路設計を見直すことと、交通荷重の取締りを行ない重量制限を行なうことが重要な要素となっている。

## 2.2 装置開発の経緯

交通荷重データは、上記のように道路構造設計、道路計画、交通の取締り等さまざまな目的に使用するために過去50年にわたって各国で収集されてきた。現在各国で使用されている交通荷重測定装置を設置形式、荷重センサの原理で分類すると図-2のとおりである。

交通荷重測定が行なわれた当初、主に用いられた測定装置は車両を停止させた状態で測定する静的測定装置であり、トラックスケールや weigh-brige と呼ばれ、車両総重量を測定するものであった。しかし、静的な測定は車両を停止させて測定するため能率が悪く、危険を伴いかつ道路脇に測定フィールドを必要とするため近年 WIM が探究してきた。しかし、WIM によ

って測定される動的車両の軸荷重は、道路因子(縦断・横断形状、勾配、曲率等)、車両因子(速度、加速、軸配置、車両タイプ、サスペンションシステム、タイヤ、重心位置等) や環境因子(温度、風、凍結等) により影響を受け静的荷重とは異なる出力となる<sup>4)25)</sup>。このため、一般的には、静的荷重と一致するように静的荷重が既知な車両等を用いて、キャリブレーションを行なった上で測定を行なっている。

WIM に要求される共通の項目は、①高精度②可搬性③測定時に目立たないこと(認識されないこと)④耐久性と信頼性⑤測定の有効性⑥維持と修理が簡易なこと⑦キャリブレーションが容易なこと⑧データの保管が確実で容量が十分なこと⑨伝達性(通信可能であること)⑩測定に当って安全であること⑪システムを動かす電源等を備えていること⑫トータルコスト(設置、維持、測定)が安いこと等があげられる。

WIM の開発の初期の報告は、1952年に BPR (U.S. Bureau of Public Roads : 現 FHWA) の Norman<sup>26)</sup>

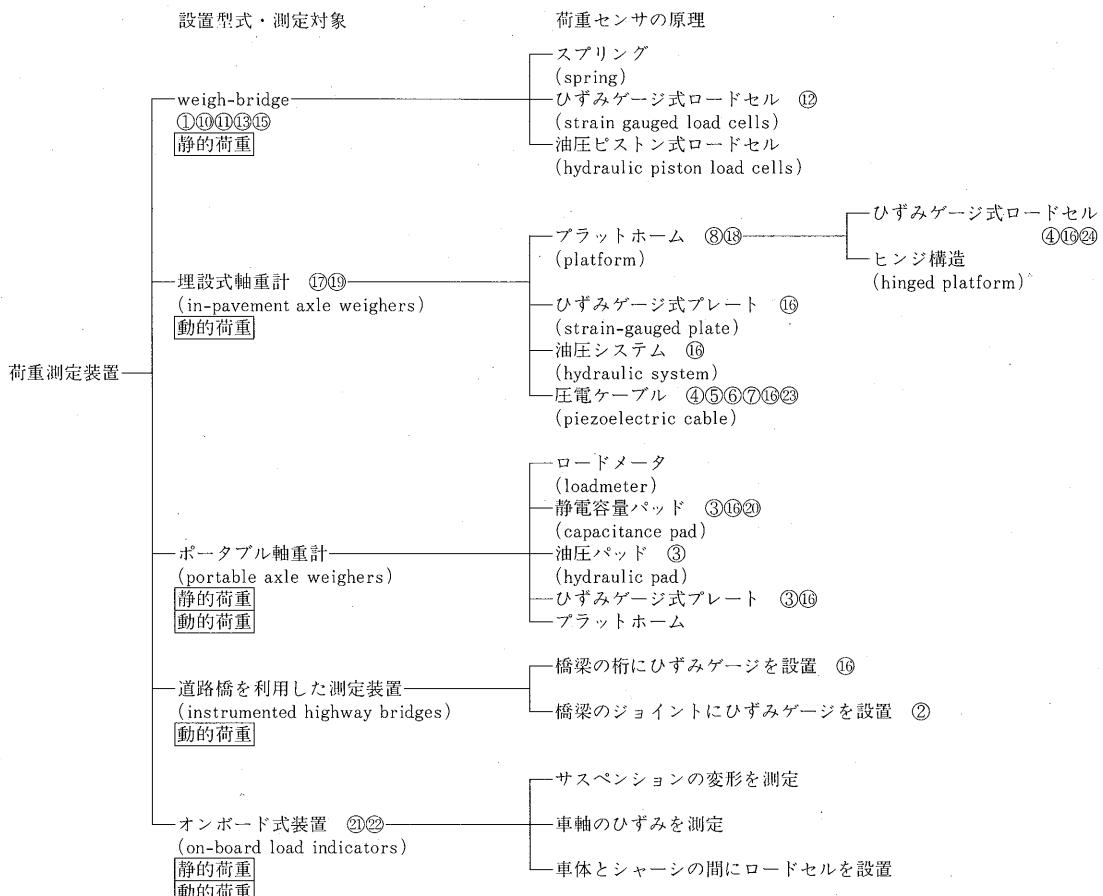


図-2 荷重測定装置の分類

○印内の数値は、参考文献に示す論文番号を表す

らによってなされた。この装置はコンクリート製のプラットホーム(Platform)をひずみゲージを取り付けた柱で支える構造を持っており、オシロスコープの波形から軸重を読み取ることができた。そしてBPRの研究によりコンクリートや金属性のプラットホームを直接ひずみゲージ式ロードセルで支える方式へと発展した。TRRLでもBPRの装置と類似の装置が開発されたが、これらの装置は、①精度が悪い②装置が重すぎる③設置に広い面積を必要とする④固定式で移動が出来ない等の欠点があった。そして、現在のTRRLの装置は、アルミニウム製のプラットホームを3分割し、それぞれ4つのロードセルで支える構造で軽量なタイプになっている。

また、ポータブルな装置の開発は、上記のプラットホーム式装置の開発とほぼ同時期に開始された。ポータブルな装置の開発の1つの方法は、プラットホームを小型化、軽量化することであり、TRRLの装置やアメリカのRadian Corp.の装置が該当する<sup>16)</sup>。他の方法は、新たな測定方式の導入であり、西ドイツのBAST(Bundesanstalt fur Strassenwesen)で開発された金属板の曲げひずみを測定する装置(strain-gauged plate), 1964年にドイツで開発された油圧パッドを使用する装置(hydraulic pad), 1967年にフランスのLCPC(Laboratoire Central des Ponts Chausees)で開発された圧電ケーブル(piezoelectric cable)を使用した装置や、これとほぼ同時期に南アフリカで開発された静電容量パッド(capacitance pad)を使用した装置など次々と開発された。これらの装置の中には静的な測定装置として利用されているものもある。

1970年代の後半には、アメリカで橋梁の桁のひずみを測定する装置(instrumented highway bridges)が開発され<sup>21)</sup>、オーストラリアでも研究が進められている。またトラック運転手による積荷重量の管理などを目的とした車両取り付けタイプであるオンボード式の荷重測定装置(on-board load indicators)も開発されている<sup>21)22)</sup>。

### 3. 荷重測定装置の原理と測定方法

荷重測定装置の原理と測定方法について図-2の分類に従ってまとめると以下のとおりである。

#### 3.1 weigh-bridge

weigh-bridgeは、図-3に示すように、装置自体が桁の構造をしている。一般にコンクリート製のスラブからなりその上に車両が乗り上げて荷重センサ(スプリ

リング、油圧ピストン、ロードセルなど)により静止時の車両総重量を測定するものである。

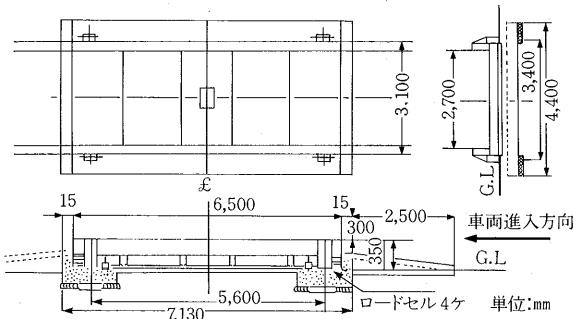


図-3 weigh-bridge

#### 3.2 埋設式軸重計(in-pavement axle weighers)

埋設式軸重計は、舗装を切削し、舗装表面と装置表面が同じ高さになるように埋設し使用するものであり、プラットホーム、ひずみゲージプレート、圧電ケーブルや油圧システム(hydraulic system)がある。

##### (1) プラットホーム

プラットホームは図-4に示すように、金属荷重プレートをひずみゲージロードセルで直接支える構造である。荷重プレートに作用する荷重はロードセルで感知され出力される。荷重センサとして油圧ピストンロードセルを使用しているものもある。設置には20~30cmの路面切削が必要である。対象とする車両速度は低速度から高速度のものまであり、精度は静的荷重に対して車両総重量で±10%, シングル軸重で±5%程度である。図-5に示す装置は、ヒンジ構造のプラット

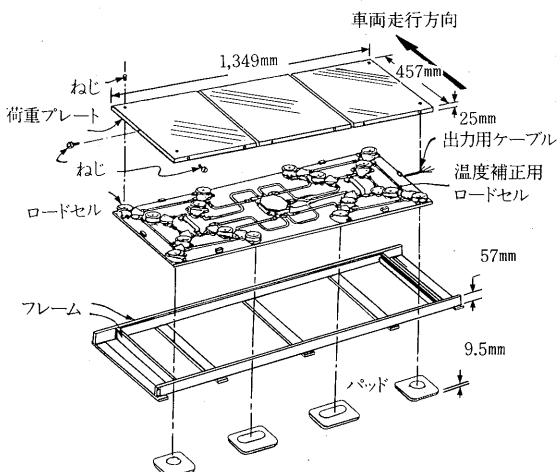


図-4 プラットホーム(platform)

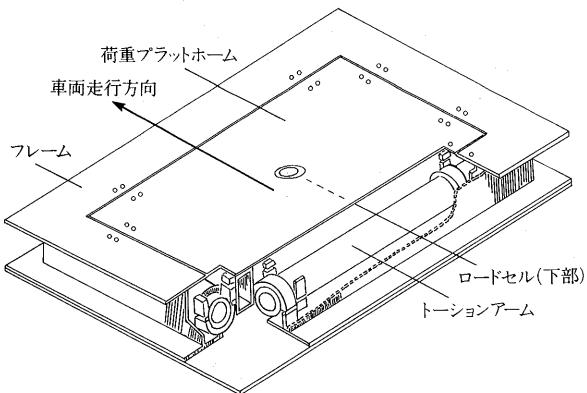


図-5 ヒンジ構造 (hinged platform)

ホームを1つのロードセルで支える構造をしている。車両速度は、ループコイルを設置して測定する。ループコイルは、電導コイルに高周波電流を流しておき、車両が通過する際に生ずる磁界の乱れにより車両を検出するものである。2本のループコイルを車両進行方向に並べて配置することにより車両速度、通過台数、車両の長さおよび車両間隔を測定できる。ループコイルは荷重センサと組合せて車両の速度測定に使用されている例が多い<sup>4)7)11)20)24)</sup>。

### (2) ひずみゲージ式プレート

ひずみゲージ式プレートは、図-6に示すようにタイヤ接地面の金属プレートの曲げひずみをプレート下面の2つの溝に取り付けられたゲージで測定し、荷重に変換するものであり、曲げプレート(bending plate)とも呼ばれる。西ドイツのBASTで開発され、プレートには厚さ15mmの高強度の鉄板を用い、設置には5cm程度の路面切削を必要とする。外部環境からの保護のために全センサユニットは合成ゴムで被覆されている。低速度から高速度の車両に適用でき、精度は静的荷重に対し車両総重量で±5%，シングル軸重で±4%程度である。

### (3) 圧電ケーブル

圧電ケーブルは、結晶質材料がひずみを受けると起電力が生じ、また電圧を加えると機械的変位を生ずる圧電現象を利用した荷重センサである。図-7に示すように銅線を結晶質粉体で取り囲み、その回りを銅で被覆した同軸ケーブルである。ケーブルは路面に深さ約4cm程度、幅約15mm程度の溝を横断方向に掘り、砂と合成樹脂やアスファルトの混合物などを充填して埋設する。通過する軸重によりケーブルが圧縮変形し電圧を生じ、荷重がその電圧に関係することを利用して

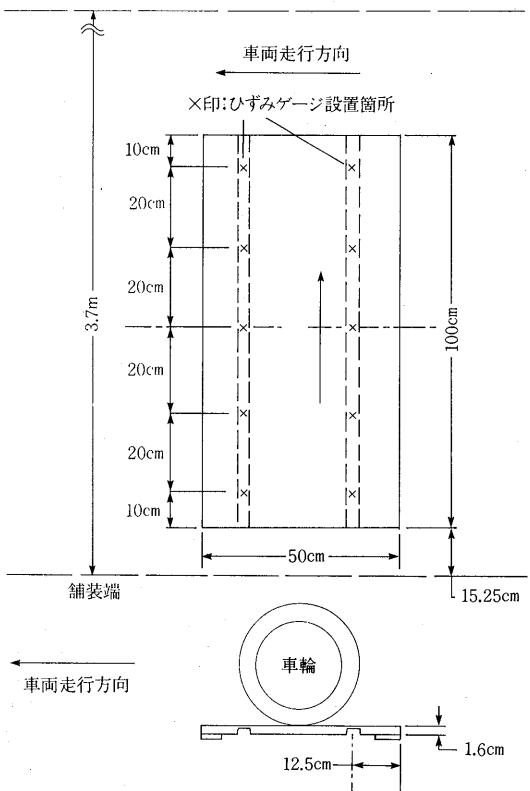


図-6 ひずみゲージ式プレート (strain-gauged plate)

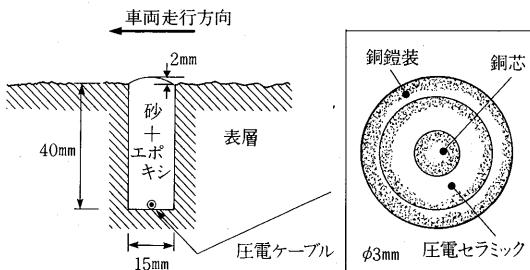


図-7 圧電ケーブル (piezoelectric cable)

軸重を求める。装置の耐久性はフランスのJacob<sup>25)</sup>によると5年以上使用して十分であるとしている。精度は、静的荷重と比較して車両総重量で±10%，シングル軸重で±10~15%程度である。圧電ケーブルシステムに関する適用を検討している報文としては、4編<sup>4)5)6)7)</sup>があり、最近注目されていることがうかがえる。利点は①丈夫で信頼性が高く、冬期にタイヤチェーン等を装着する路線での使用が可能であること<sup>4)5)</sup>②温度の影響を受けにくく、-50~80°Cの広い温度範囲で測定が可能であること<sup>6)7)</sup>③道路の線形による影響を受けにくく、測定箇所を選択しやすいこと<sup>6)</sup>④電磁気的干渉を受けにくいこと<sup>6)</sup>等である。また、圧電ケーブルを平行して2

本設置することにより車両速度測定装置としても使用される<sup>25)</sup>

### 3.3 ポータブル軸重計 (portable axle weighers)

ポータブル軸重計は、個々の輪荷重を計測し、その合計から軸重や車両総重量を得るもので可搬式で移動設置が可能な装置である。装置の原理から、ロードメータ (loadmeter), 静電容量パッド, 油圧パッド, ひずみゲージ式プレートやプラットホームがある。

#### (1) ロードメータ

ロードメータは、古くから利用されてきた静的な荷重測定装置であり、荷重に対応するスプリングの変形をクランクを回転させることによって元に戻し、その回転数から荷重を読み取る装置である。

#### (2) 静電容量パッド

静電容量パッドは、図-8に示すように、ゴムと金属プレートのサンドイッチ構造をしたパッドがコンデンサとして働く。通過する荷重によるパッドへの圧力は静電容量の増加として現れる。この静電容量の変化はオシレータ（発振器）を通じ周波数変換され、さらにファラド／ボルト (F/V) 変換器により電圧に変換されセンサ固有の係数や温度補正係数を入力しアナログ／デジタル (A/D) 変換器によって荷重として収録される<sup>26)</sup>。センサは道路表面に粘着テープや鉛で取り付け路面の切削は不用である。精度は、静的荷重と比較してシングル軸重で±10%程度である。

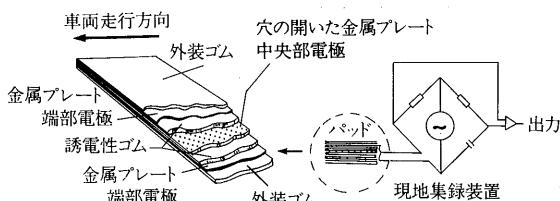


図-8 静電容量パッド (capacitance pad)

#### (3) 油圧パッド

油圧パッドは、図-9に示すように端部を溶接した2~3mmの空間を持つ2枚の金属プレートの間に水やグリセリンなどの液体を満たしたもので静的荷重を測定する。パッド上に荷重がかかった時の隔壁の変形から荷重を測定でき、車輪がパッド上のどの位置でも結果にはほとんど影響しない構造である。

#### (4) ひずみゲージ式プレート

ひずみゲージ式プレートは、金属プレートのせん断ひずみを測定することにより埋設式のひずみゲージプレートを小型化、軽量化した装置である。

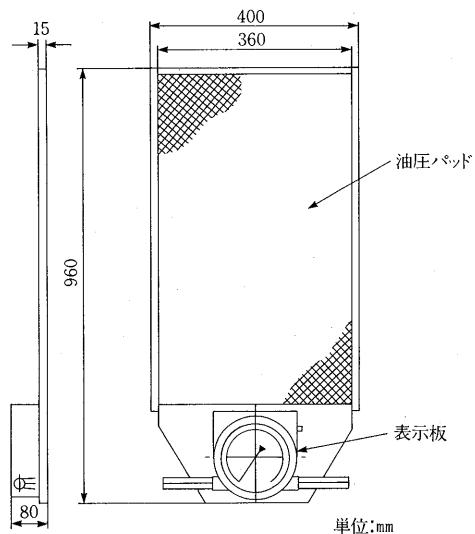


図-9 油圧パッド (hydraulic pad)

#### (5) プラットホーム

6つの三角形プラットホームを8つのひずみゲージロードセルで支える構造を採っており、温度補正のために8つのマッチングロードセルを備えている。設置には約9cmの路面切削を必要とするが、荷重センサは移動可能である<sup>25)</sup>。

### 3.4 道路橋を利用した測定装置 (instrumented highway bridges)

道路橋を利用した測定装置は橋梁の桁等にひずみゲージを取り付け、車両通過による桁等のひずみを荷重に変換するものである。一般に図-10に示すように、高速道路の橋梁に設置される<sup>27)</sup>。車両速度の検出はテープスイッチや圧電ケーブルを使用して行われ、データの記録は橋梁の近くに建てられた小屋や停車したライトバンに車載されたマイクロコンピュータで行われる。このシステムは取り付けが容易であり低成本であるが、①橋梁の構造上ゲージの設置ができない場合②橋梁の剛性が高くひずみが生じない場合③スパンが長く交通量が多い場合（車両を分離することができない）

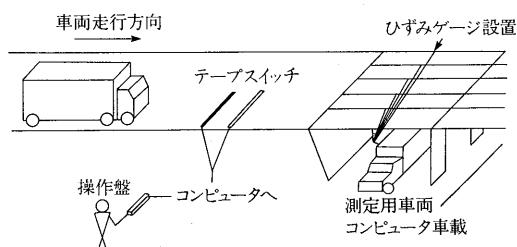


図-10 道路橋を利用した測定装置  
(instrumented highway bridges)

④極端な振動や曲げが生じる場合等、全ての橋梁には適用できない。

精度についてはオハイオ州道路局の評価によると、静的荷重に対して車両総重量で±2~3%の誤差であるが、個々の軸では前軸で±33%，後軸では±2~12%の間であったと報告されている。

### 3.5 オンボード式の荷重測定装置

オンボード式の荷重測定装置は図-11に示すような3タイプがある。図-11(a)は、サスペンションの変形を測定するタイプである。精度は静止時で±10%程度である。図-11(b)は、軸のひずみが荷重に比例することから、軸のひずみを測定して軸重を求めるものである。精度は静止時で±4%程度である。図-11(c)は、車体とシャーシの間に取り付けたロードセルで積載重量を測定するものである。精度は示されていないが3タイプの中で最も正確であるとされている。測定された荷重は運転席にモニタリングされ運転手がチェックできるようになっている。

TRRLのNewton<sup>21)</sup>らは積荷の位置や左右のタイヤ圧を変えて実験した結果、積荷の位置やタイヤ圧が測定結果に大きく影響するとし、さらに装置の適用にあたっては、①商業取引における荷卸し量の確認（高精度が必要）②荷重制限内での効率的な荷積み（各軸

重の測定が必要）③車両の積荷量の把握（高精度の必要なし）のように装置の精度や目的に応じて使い分けをする必要があるとしている。

## 4. 荷重測定及び結果

荷重測定は、主に交通荷重の実態把握を行ない舗装や橋梁に与えるダメージに関する研究を行うためや舗装および橋梁の安全性を確保するために行う交通取締りに利用されている。以下では、各国の重量制限と過積載車両の実態と交通荷重の破壊作用について述べる。

### 4.1 各国の重量制限と過積載車両の実態

#### (1) 各国の重量制限

各国の軸および車両総重量の制限は表-1に示すとおりである。荷重制限は輪（シングルかダブル）、軸（シングル軸かタンデム軸、駆動軸か非駆動軸）およびサスペンションにより異なった値が採用されている。

シングル軸の場合各國の軸重制限は4.5~13tの範囲に入っている、14ヶ国中9ヶ国までが10~10.5tを採用している。タンデムおよびトライデム軸の制限は、ほとんどの国において軸間距離あるいは輪の数（シングルかダブル）により異なる。

普通トラックの車両総重量の制限は、2軸のもので14~20t、3軸では17.5~30tとなっている。トレーラ車両の場合は、3軸で17.5~38t、4軸では20~40t、5軸においては20~44tとなっている。

#### (2) 過積載車両の実態

交通荷重に関して取締りの対象となる過積載車両をOECDでは、車両総重量または軸重が、工学的な車両設計基準または法律の定める限界値を超過している車両であるとしている。軸重あるいは車両総重量が重量制限の許容値を越えた場合、過積載車両と見なされ、様々な罰則、罰金を課される。ベルギー、フランス、ドイツ、オランダでは、荷重制限の8~25%を超過した場合、それ以上走行することを禁止している。

そして、交通取締りの例として、道路上に於ける重量規制としてスイス<sup>11)</sup>、フィンランド<sup>15)</sup>、トルコ<sup>18)</sup>が、橋梁の総重量規制として英國<sup>4)</sup>、日本<sup>19)</sup>の例が紹介されている。WIMと静的の測定装置を組み合わせた利用もあり、WIMを過積載車両のふるい分け（選別）に用いている例が多い。

道路や橋梁の安全確保や維持管理費用の削減、過積載による交通事故の防止等の為に過積載車両を取締る必要がある。交通取締りの結果、各国とも交通取締りのサンプル数には限界があるとしており、ベルギー、

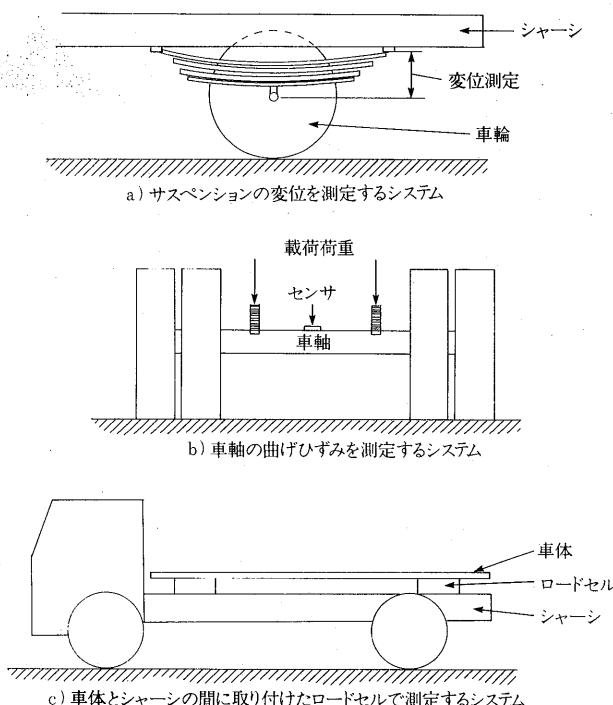


図-11 オンボード式装置 (on-board load indicators)

表-1 各国の重量制限

国名	軸重(t)	ボギー車の重量(t)	車両総重量(t)						路面電車	
			普通トラック		トラクタとセミトレーラ					
			タンデム軸	2軸	3軸	3軸	4軸	5軸		
オーストラリア(1)(2)	4.5-9	9-16.5	14-16.5	17.5-23.5	17.5-23.5	21.5-30.5	25-36	36-38 115(3)		
ベルギー	13	20	19	26	32	38	38	40		
デンマーク	10	16	18	24	28	34	42	48		
フィンランド	10	16	16	22	26	36	38-42	48		
フランス	13	15-21(2)	19	26	38	38	38	38		
アイルランド	10-10.5	11-20.5	16-18	22-24.5	22-24.5	25-31	25-38			
イタリア	12	12-20	18	24	30	40	44	44		
ドイツ	10	16	16	22	26	32-36	38	38		
日本	10		20	20	20	20-27(4) 20-34(5)	20-27(4) 20-34(5)	20		
オランダ	10(6)	16-20(6)	20	24-30	24-30	32-34	40	50		
ノルウェイ	10(7)	16(7)	20	26	30	36	42	50		
スイス	10	18	16	19-25	28	28	28	28		
英國	(2)	7-10.5	10.5-20.5	14-16.5	18-24.5	24.5	32.5	38	32.5	
アメリカ	9	15.5	18	27	27	34	36	36		

(1)オーストラリアの州毎に異った値 (2)軸間距離による (3)限定された路線上での16軸に対するもの

(4)一般道 (5)高速道路 (6)シングル軸では13t、タンデム軸では17~26t

(7)雪や氷の溶解期は、時期的に低くなる。各国の重量規制は複雑であり、本表は各国の一般的な比較を示したものである。

フランスおよびイタリアにおいては重貨物車両の20~30台に1台の割合で検測を行っている。また、過積載車両の比率は、全貨物車両数に対して約1~7%程度になっている。

また、交通荷重調査結果では、測定箇所、測定方法等の条件が統一されていないため、単純に比較するわけにはいかないが、過積載車両の割合は全貨物車両数に対して3~40%と国により異なっている。

このように国毎に法律の重量制限や荷重測定条件が異なるため数値を一概に比較することはできないのが現状であり、今後重量制限や装置・データ処理の規格等の統一化を図る必要性があるとしている。

#### 4.2 交通荷重の破壊作用について

交通荷重と道路の破損に関して、アメリカの Davies は、アリゾナ州に於いて設計期間10年に対して1.5年で舗装が早期破損したのは、過積載車両が主な原因だとしている。O'Sullivan は、フィンランドに於ける舗装の破損の約30%が、過積載車両を取り締まれば救えるとしている。また、フランスの Fauveau は、5~10%の過積載車両の為に他の車両を合せたものより舗装の破損が起きていると報告している。

そして、交通荷重の破壊作用に関する報文は、4ヶ国から提出されている<sup>9)10)17)23)</sup>。交通荷重の破壊作用の指標となる荷重換算係数  $n_e$  は次式のように表される。

各国の標準軸重と荷重換算指数は表-2に示すとおりである。

$$n_e = \left(\frac{W}{W_n}\right)^\alpha$$

ここに、  $n_e$  : 荷重換算係数  $\alpha$  : 荷重換算指数  
 $W$  : 測定軸重  $W_n$  : 標準軸重

表-2 各国の標準軸重と荷重換算指数

国名	標準軸重 $W_n$ (t)	荷重換算 指数 $\alpha$	適用
ベルギー <sup>9)</sup>	13	8~14	コンクリート舗装
英国 <sup>10)</sup>	8.2	2~6	$\alpha$ は、舗装厚と路床支持力で変化
ドイツ <sup>17)</sup>	10	4	---
		4	15cm以下のアスファルト舗装
		6	15cm以上のアスファルト舗装
フランス <sup>23)</sup>	13	8	15~30cmのセメント安定処理材料を用いた半剛性(semi-rigid)舗装
		10~12	30cm以上のセメント安定処理材料を用いた場合及びコンクリート舗装
日本	10	4	---

標準軸重は、英國、ドイツ、ベルギーそしてフランスの順に大きく、換算指数は2~14と使用する舗装材料により幅がある。フランスでは、たわみ性舗装では路床レベルから破損が進行し、剛性舗装の破損は舗装

下面に生ずる引張り力により発生するという考えに基づいて使用材料で換算指数を変化させている。

また、英國の Urquhart ら<sup>10)</sup>は各種トラックの積荷の位置を変化させて破壊ダメージが最小となるように各軸への荷重を分配するという研究がなされており、研究対象となった路線においては工夫次第で 8 ~ 9 % のダメージの低減が可能であるとしている。荷重換算指數が 4 乗則に従うことを前提としており、この見直しも含めてさらに多くの地点でデータを収集している。

ドイツの Heidemann<sup>17)</sup>は交通調査により得られた日平均軸数に分散分析を適用することにより軸数と年、月の時間的要素および測定箇所が有意であることを検定したり、各軸重クラス毎の軸重比率（軸重分布）からクラスター分析によって測定道路区間のグループ分けを試みて舗装の設計・維持管理の計画等に役立てようとしている研究もある。

フランスの Jacob<sup>23)</sup>は、橋梁において交通荷重モデルを想定し、シミュレーションにより荷重効果の計算を行なうとともに温度応力の影響も加味して疲労ダメージを求める研究を行っている。このためにより広範囲で正確な交通データを収集する必要性を示している。

## 5. 今後の動向

TRRL の試験路で WIM の適用結果と OECD の報告の結論を含めて今後の動向について述べると以下のとおりである。

### 5.1 OECD の報告の結論

TRRL の試験路での適用に使用された WIM は、Weighwrite (イギリス), TRRL (イギリス), Danish Road Lab (デンマーク), LCPC (フランス) の圧電ケーブル, TRRL (イギリス) の weighscale, Golden River (イギリス/サスカチワン大学) の静電容量システムの 6 種であった。3 日間 3 台の貨物車両が TRRL の試験路を繰返し走行した結果、各システムは、似通った性能であり、各装置の平均 I F (Impact Factor I F = 測定された動的荷重 / 静的荷重) のレンジは 0.86 ~ 1.13, 標準偏差は 0.025 ~ 0.071 であった。そして、荷重測定の結果が、荷重センサ付近の舗装面の平坦性に左右されることが指摘された。

そして、この TRRL での適用結果を含めた OECD の報告の結論は、

- ① WIM は、全軸荷重の連続モニタリングの為に有効な方法である。精度では、道路の断面形状に左右される。
- ② 圧電式 WIM システムは、比較的低成本で、センサ

が 1 日以内で埋設が可能で将来性が期待できるが、測定精度の向上が望まれる。

③ WIM システムは、過積載車両のふるい分けや、過積載車両の取り締まりの効果をチェックするために有効である。

④ 軸重測定の統計的誤差は、車両の駆動軸の影響で過大に評価されることがある。

⑤ 過積載車両の発見される割合は、全通過車両の 5 % 程度である。

⑥ 荷重測定方法とデータ処理の違いにより、OECD 各国間の過積載について比較対比が出来ない状況である。

⑦ OECD 各国間 (とりわけヨーロッパ) の交通荷重測定及びデータ処理にあたって統一を図る必要がある。

以上の 7 点であった。

### 5.2 今後の動向

荷重測定装置及びシステムの今後の動向をみると以下のとおりである。

アメリカの Crescent Study における HELP (Heavy Vehicle Electronic Licence Plate) システムの発展プログラムは、WIM, AVC (Automatic vehicle classification), AVI (Automatic vehicle identification) の技術を合せ、データを多目的に利用するためコンピュータでネットワークされた国家的システムにしようと努力している。また、このデータは、FHWA に於ける設計期間にわたる交通の総計を予測する為の基礎とし、舗装の供用性との関連を把握し舗装設計の見直しや設計式の開発の為に利用される。

NCHRP (National cooperative highway research program) では、WIM と AVI 技術を合せ、過積載車両の取り締まり及び橋や高速道路の設計、維持管理のデータの収集も含めて、広範囲に有効活用出来るシステムの構築を目指している。

また、SHRP 計画 (Strategic highway research program) では、20 年間に渡る長期間の舗装供用性のモニタリング (LTPPM) のために、交通荷重の確かな測定と予測が重要視されている。このために車両分類、交通量測定機能等の備った自動集積 WIM システムを必要としている。

このように WIM システムは、AVC, AVI と合わせたシステムとして発展して行く傾向がわかる。

そして、車両重量の測定は、マイクロコンピュータや新しいタイプのセンサを基礎とした測定技術の進歩によって新しい時代が開けようとしている。特に簡易設置式の WIM とオンボード式の荷重測定システムの発

展があげられる。

最近のヨーロッパとアメリカの WIM に於ける調査と発展の努力は、WIM システムのコストを下げるに払われてきた。その中で特に、静電容量と圧電に基礎を置くシステムの発展が注目されている。しかし、現在 WIM の要求される精度(静的荷重の±2%程度)に達しているものは、非常に高価であるため設置箇所が非常に少なく、必要とするデータが得られる状況ではない。各国の動向は、これらのシステムのコストを下げ、より多くの箇所で測定でき、一般に適用することを目指している。

静電容量(特に形態として帯状のもの)システムと圧電システムの両者は、ユーザーの要求を満たすに大きなポテンシャルを提供すると考えられている。このためには、現在ある他のシステムと比較して低価格であり、供用性に於いても優れていることが重要である。各国の道路管理者は、設計の手段として用いる高速道路の各地点の新しいデータを得る為に、WIM システムからのデータを使用し始めている。

また、運転手が自ら積載重量を管理出来るオンボード式の荷重測定システムについては、当面精度、信頼性と比較的安価であることが要求される。そして、行政がオンボード式の荷重測定システムの発展を促進することを法律で決めるべきだとする意見もある。

以上のように各装置は、当面コストを5000ドル(約78万円)以下に下げるに主眼がおかれており、かつ、高精度、信頼性が要求される。これが達成されることによって交通荷重と道路や橋梁に与えるダメージについて把握が行なえ、その結果が設計に反映され、過積載の取締りや課税にも有効に利用できるものとなる。

## 6. 我が国の荷重測定の現状

我が国に於ける WIM の適用は、建設省<sup>27)28)</sup>で1964年からロードセル式の載荷プレート Wheel Load Survey System(WLSS)が直轄国道で使用された。この WLSS で得られたデータは、舗装設計における総交通量と 5 t 換算輪数の関係を検討し、設計交通荷重を見直す為のデータの蓄積と調査に利用されている。また、同様のロードセル式の WIM は、日本道路公団、首都高速道路公団で1972年から、本州四国連絡橋公団が1985年から道路や橋梁の保全を目的とした重量規制や交通荷重把握の為に料金所に設置している。東京都でも、1971年以来、過積載車両や交通荷重の実態把握のために都内

15箇所にロードセルを用いたプラットホーム式の軸重計が設置されている。ポータブルな静電容量パッドを利用した WIM は、建設省<sup>29)</sup>、日本道路公団、東京都<sup>26)</sup>などで適用が検討されている。日本道路公団<sup>30)</sup>では、橋梁部材の歪から走行車両の軸重および重量を推定する方法についても検討されている。また、積載重量や軸重をトラックで計量するオンボード式軸重計は、OECD では、15年前から行われており、その目的は公共の橋梁を保護するものであったが、日本では1964年から過積載車両による事故を未然に防ぐ為に運輸省<sup>31)</sup>が中心になって開発してきた経緯がある。

そして、通常 WIM では、車両の速度や軸間隔、車長の測定は軸重測定センサーとは別にループコイルや圧電ケーブル等を路面に設置して行なわなければならない。現状ではループコイルを用いる方法が一般的であるが、圧電原理を用いた、自動車荷重列自動観測システム<sup>32)</sup>の開発も行なわれている。

このように日本では、まだ WIM が独立して用いられており、アメリカの HELP システムのように車両自動区分やその他の交通流の解析の為のデータを得るためのシステムとはなっていない。そして日本は、過積載に対する認識が非常に希薄であるが、OECD 各国では、以前から問題とされ、その解決の為の努力が行われている。今後経済の発展と共に車両が大型化する傾向に在り、過積載にたいする認識を新たにしていく必要があると考えられる。

## 7. あとがき

今年の 7 月にノルウェーで行われた第 3 回の Bearing capacity においてもオープニングセッションで軸荷重とタイヤ接地圧と題して取上げられており、交通荷重を適切に把握することが重要視されていることがうかがわれる。また、軸荷重の許容値は、増加する傾向でありいくつかの国では、許容単軸荷重を 13 t としている。そしてヨーロッパの多くの国では、1992年に駆動軸の許容単軸荷重を 11.5 t に増加することになっていて、他の国も同様な動きである。今迄より大きな交通荷重が道路に作用することが許容された場合、交通荷重と破損との関係を的確に把握していくことが重要な課題となる。

そして、デンマークの報文<sup>33)</sup>では CLARE II システムとして軸数、各軸の距離、車台の高さ、全車両長、車両順位(軍事上車両に優先順位がある)によって車両分類が可能なものが紹介されている。このシステム

は、車両数、平均車両速度、等価10t軸荷重(ESAL)等が測定でき、各道路の測定点と統轄する事務所とがネットワークで結ばれている。そして、データバンクに収められたデータは、舗装の設計、現在の舗装の改善、舗装維持管理システム、道路タイプの選択の為のデータ、道路交通の通行税政策、道路運輸の指標、許容荷重・速度を超過する車両の表示、橋梁設計の為の交通データ、調査と発展の為のデータ等に役立てられる。このように、交通運輸計画のシステムとして軸重測定が位置づけられる傾向にある。

OECDの報告を中心に第3回のBearing capacityに於ける最近の動向を含めて簡単に取りまとめてきたが、我が国に於いても交通荷重測定と過積載車両を取り締

まることの重要性を認識することが重要である。そして、安価でより多くの地点に簡易に設置出来るWIMを開発し、WIMを用い適切な交通荷重の把握を行ない、舗装設計や維持管理に使用出来るデータを蓄積していくことが早急に行なわれ始めなければならない。

なお、本文は、OECDの報告を研究グループの田中班で分担し翻訳したものを3名でまとめたものである。筆者の力不足のため当初目的とした舗装構造設計と交通荷重の関係まで含めてまとめることができず、単なる報文の紹介程度の内容となってしまったが、各種荷重測定装置を適用し交通荷重を把握していく上で何等かの参考になれば幸いである。

#### — 参考文献 —

(1~24は、OECD ROAD TRANSPORT RESEARCH PROGRAMME, "FREIGHT VEHICLE OVERLOADING AND LOAD MEASUREMENT", TRRL, 1988の論文である)

- 1) The performance of highway speed vehicle weighing systems in Australia by S E Samuels (Australian Road Research Board) ..... 66
- 2) Traffic analysis and measurement of axle loads by using an instrumented bridge joint-principles and first results by c Clauwaert (Belgian Road Research Centre) ..... 87
- 3) Weighing systems for efficient overload controls by Overlack and Gassner (Federal Republic of Germany) ..... 97
- 4) High speed axle load measurements in the United Kingdom by R C Moore, A R Hodge and J R Spindlow (Transport and Road Research Laboratory, United Kingdom) ..... 106
- 5) Load measurements under rough climatic conditions in Norway by A Johansen (Datainstrument AS, Norway) ..... 116
- 6) Dynamic weighing by piezoelectric cables by M Siffert (Ministry of Urban Development, Housing and Transport, France) ..... 123
- 7) Use of vibracox cables and counting devices for axle load measurements by J Banke (National Road Laboratory, Denmark) ..... 133
- 8) Experience with dynamic weighbridges, results and effects by H Knoflacher (Austria) ..... 141
- 9) Effets destructeurs des véhicules lourds de

- marchandises sur les chaussées rigides by V Veverka (Centre de Recherches Routières, Belgique) ..... 143
- 10) The relationship between payload distribution and observed axle loading by F A Urquhart and A H Rhodes (University of Newcastle upon Tyne, United Kingdom) ..... 153
  - 11) La station de pesage d'Erstfeld (Suisse) by R Lanz (Balzari + Schudel SA, Suisse) ..... 164
  - 12) Heavy vehicles on long-span bridges by C H Simonsen (National Road Laboratory, Denmark) ..... 174
  - 13) Enforcement in the United Kingdom in relation to the overloading of goods vehicles by I R Davys (Northamptonshire County Council, United Kingdom) ..... 185
  - 14) Developing transports and weights of vehicles by M Kaartama (Confederation of Finnish Industries, Finland) ..... 194
  - 15) Extent of overloading and some national characteristics of transportation with overload vehicles in Finland by A Tevarjavi (Finland) ..... 197
  - 16) WIM for enforcement in the US by C J MacGowan (Federal Highway Administration, USA) ..... 204
  - 17) Statistical analysis of long-term automatic measurements of axle load distributions by D Heidemann (Federal Highway Research Institute, Federal Republic of Germany) ..... 224

- 18) Monographical approach to load measurement procedures and freight vehicle characterisits of Turkey by A H Yardim (General Directorate of Highways, Turkey) ..... 237
- 19) Operation of control over the overloading vehicles on the ohnaruto Bridge by M Oshima (Hon-shu-Shikoku Bridge Authority, Japan) ..... 244
- 20) Weighing vehicles in motion : new methods and applications by P Davies and F Sommerville (Castle Rock Consultants, United Kingdom) and L A Schmitt (Arizona Department of Transportation, USA) ..... 255
- 21) On-board axle weighers by W Newton (Transport and Road Research Laboratory, United Kingdom) ..... 263
- 22) Measuring cargo weight according to the amount of strain on truck axles by Y Nojiri (Kyowa Electronic Instruments Co. Ltd., Japan) ..... 271
- 23) Applications of the weight in motion by piezo cables results to the structures by B Jacob (Laboratoire Central des Ponts et Chaussees, France) ..... 291
- 24) Wheel load survey systems (WLSS) and its application in Japan by Y Anzaki (Public works Research Institute, Japan) ..... 316
- 25) NCHRP Synthesis of Highway Practice 24 "Use of Weigh-in-Motion System for Data Collection and Enforcement" Sep, 1986
- 26) 阿部忠行, 峰岸順一: マット式軸重計の幹線街路での適用, 補装, Vol.25, No.5, p 12~17, 1990年
- 27) 安崎 裕: 車両重量の現況と道路舗装への影響, アスファルト, Vol.29, No.149, p 3~8, 1986年
- 28) 池田拓哉, 米塚善明: 一般国道における車両重量調査, 補装, p 27~30, 1988年7月
- 29) 菊川 滋: ポータブル車両重量計の適用性に関する実験, 土木学会第42回年次学術講演会, V-20, 1987年
- 30) 豊福俊泰, 米村利博, 吉村洋司: 道路橋における車両重量推定法について, 第17回日本道路会議論文集, 1987年
- 31) 野尻芳郎, 内山伸吉, 飯塚俊章: 大型トラックの自重計の構造と使用法, 共和技報, No.306, 1983年8月
- 32) 梶川康男, 西沢辰男: 可搬式自動交通流観測システムの開発, 土木学会論文集, 第391号, VI-8, 1988年
- 33) Finn Krog Christensen : CLARE II, A 3RD GENERATION TRAFFIC CLASSIFICATION TOOL, Third International Conference on BEARING CAPACITY OF ROADS AND AIRFIELDS, p853~863, 1990

## 砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3刷 B5版・64ページ・実費頒価500円（送料実費）

目 次		
<b>1. 総 説</b>	<b>3. 路 盤</b>	<b>5. 維持修繕</b>
1-1 はじめに	3-1 概 説	5-1 概 説
1-2 歴青路面処理の対象となる道路の条件	3-2 在来砂利層の利用	5-2 維持修繕の手順
<b>2. 構造設計</b>	3-3 補強路盤の工法	5-3 巡 回
2-1 概 説	<b>4. 表 層</b>	5-4 維持修繕工法
2-2 調 査	4-1 概 説	付録1. 総合評価別標準設計例一覽
2-3 設計の方法	4-2 浸透式工法	付録2. 材料の規格
2-4 設計例	4-3 常温混合式工法	付録3. 施工法の一例(D-2工法)
2-5 排 水	4-4 加熱混合式工法	付録4. 材料の品質、出来形の確認

# 建設事業のイメージアップと酒田工事事務所の3大スローガン

西川 和廣

建設省酒田工事事務所所長

昨年の4月、酒田工事事務所に着任。研究所暮らしの長かった私にとって初めての地建および事務所勤務である。着任当日は快晴で、事務所正面にそびえる鳥海山が、新米の所長を歓迎してくれているように見え、大変感激したことを覚えている。

当地酒田市は、秀峰鳥海山と月山、湯殿山、羽黒山からなる出羽三山に囲まれた庄内平野の、山形県人の母なる川、最上川の河口に発達した港町で、海、山、川等の自然、新鮮な海の幸、山の幸、さらには有名な庄内米等味覚にも恵まれた土地柄である。

酒田工事事務所の所掌業務は、日本海沿いに新潟県境から秋田県境に至る一般国道7号、最上川に沿って新庄に抜ける47号、美しいぶなの原生林の中を抜けるドライバーに人気の高い山岳道路、月山道路を含む112号の改築と管理、それに最上川、赤川という庄内平野の大半を潤す2つの河川の改修と管理である。

月山道路の豪雪と地滑り、庄内平野の地吹雪、海岸部のPC橋の塩害問題等、技術的にもなかなかやりがいのある事務所というのが当時の印象だった。

東北地建は折から建設事業のイメージアップ運動の真っ只中で、前局長を座長とした建設リフレッシュ懇談会が発足し、建設事業のイメージアップのため、各事務所一課題、知恵を絞って取り組むようにと局長から檄が飛んでいた。

2ヶ月に1度くらいのペースで催される管内の事務所長会議では、毎回3~4事務所が指名され、それぞれの事務所でのイメージアップへの取り組みについて発表することになり、我が事務所も第2回目に指名された。

写真-1はその時用いた資料の最初の頁である。イメージチェンジをするからには、まず我が事務所のベテラン職員の考え方を変えることから始める必要がある。そこでイメージアップ作戦を展開するうえでの構えを明確にするため、3つのスローガンを設定し、

資料の冒頭に列挙した。以下にそれぞれの考え方と、それに基づいて実施した事例について紹介することにしたい。

## スローガン その1 “我々の仕事はサービス業である”

これは、何かの雑誌に掲載された対談記事で、日本道路公団の総裁が利用者を“お客様”と呼ぶように職員を指導しておられるというのを読んだときに思い付いたものである。

高速道路では、10キロメートル走る毎に200円あまりの料金を頂いているわけであるが、一般的の道路でも、燃費を1リッター当たり10キロメートルとすれば、ガ

## 酒田工事事務所 イメージアップ作戦

### 基本姿勢 ○ 我々の仕事はサービス業である

- 我々を外に向かってアピールしよう

- 出来ることからやってみよう

### その1 国道維持出張所はサービスステーション

ねらい

- 道路情報、トイレのサービス等で

- 出張所のイメージアップ

- 一般ドライバーとの情報交換



写真-1 イメージアップ作戦説明資料

ソリン税として50円程度を払って頂いている勘定になる。もちろん高速道路の料金と税金とは性質の違うものであることは承知しているが、ドライバーにとってはどちらでも同じことであり、一般道路においてある程度のサービスが求められても何ら不思議ではない。

また、道路は、供用し利用されて初めて本来の目的を達成するものであり、その意味でも我々はサービス業としての意識を持って仕事をすることが必要であると思う。これは建設業にとっても同じことである。

国道112号月山道路の登り口に位置するところに、当事務所の月山国道維持出張所がある。この出張所は、櫛引バイパスの朝日村よりのところに位置しているが、田んぼの真っ只中にあり、前後にドライブイン等休息の出来るところがない。そこで、出張所を国道サービスステーションに見立て、写真-2に見られるような看板を掲げた。3年ほど前に完成したこの出張所には、身体障害者用のトイレも設置されており、これで出張所は手頃なパーキングエリアとしての機能を持つようになった。



写真-2 出張所の看板に添架

立派な道路が出来たとはいえ、雪道走行の経験の少ないドライバーにとって、厳冬期荒天時の月山道路の

走行にはある程度の覚悟が要るもの事実である。現在、月山道路には路面の状況や気象状況を監視するためのITVや各種の計測機の設置が進んでおり、それらのデータは光ケーブルによって転送され、出張所の監視室で目のあたりに見られるようになっている。しかし、この情報を我々だけが独占しているのはもったいないという発想から、回線の一部を出張所の玄関先まで引っ張り、モニターテレビの画面が一般のドライバーの目にも触れるようにした(写真-3)。降雪時に個々のドライバーがそれぞれの技量に応じて判断できると好評である。

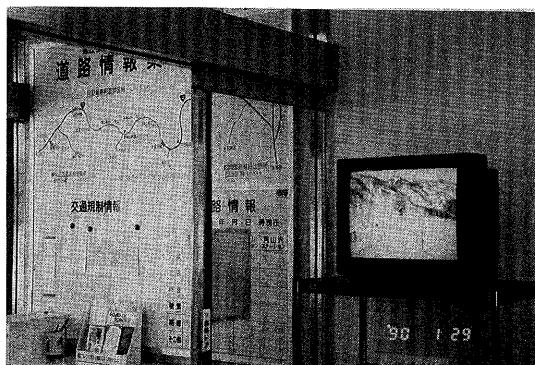


写真-3 月山道路のモニターサービス

これで、この出張所は立派なサービスステーションに変身した。マスコミにも大変好意的に取り上げられている。また、一般ドライバーと出張所職員とがふれあう機会が増えたこともすばらしい副産物だと考えている。

スローガン その2 “我々を外に向かってアピールしよう”

建設業を悪く言う言葉に3Kとか6Kなどがあるが、時にNHKという表現が用いられる。このときのNは“何をやっているのか分からない”的だそうである。とかく不透明なイメージがつきまとがちな建設の世界であるが、どうせ良いほうには取ってもらえないからと沈黙すればするほど、マスコミは勘織って不信感を煽るような記事を書くという悪循環が生まれてしまう。

従来、我々の仕事に関する情報は、酒田市の記者クラブを通じてマスコミに提供していたが、地元の警察や、市町村などを通じて伝わることも多く、その場合意図が十分に伝わらないことも少なくなかった。自分達のニュースは、自分のところから積極的に出そうというのがこのスローガンを設定した根本的な考え方である。

そこで本年度、人事異動により我が事務所の建設専門官が変わったのをきっかけに、広報とイメージアップ作戦の取りまとめを担当してもらうことにし、たまたま個室であった専門官室を記者クラブにしてしまった。といっても、玄関先と専門官室の前に“報道関係の方はこちらへ”という案内板を設置しただけであるが。結果的にはこれが効を奏し、今年度に入ってから3日に明けず我が事務所発のニュースが地元2紙の紙面を飾っており、地元での事務所の知名度も大幅にアップした。

### スローガン その3 “できることからやってみよう”

市民の要望に対する言い訳として、予算がない、基準がないという言葉を使うことがある。しかし、情報時代の現在、かえって一般市民の方が大した予算を必要とせずに実現出来るアイデアを御存じの場合がある。前例や形式にこだわらず、よことならやってみようという姿勢が必要だと思う。

ここ山形県は、こと案内標識においては必ずしも良い評判を得ているとは言えない。機会あるごとに私自身県当局に善処を要望しているが、予算面でなかなか思うに任せず不本意な状態が続いているとのことである。そこで、大した予算を必要としない案内標識改善のアイデアを提供することにした。

案内標識の基本は、ロードマップと現地での表示が一致していることだと思う。そこで安価かつ効果的な路線名表示の方法を提案し、直轄国道でも実施した。

**写真-4**はデリニエータの「建設省」の文字と同時に



写真-4 デリニエータのルート名表示

7号の文字を焼き付けたものであるが、ステッカーを貼りつけたりする方法も試みた。表示が小さいのではないかという人もいたが、ルートの表示であることは明らかにわかるし、少しスピードを落とせば十分に読み取れる。少なくとも表示がないことに比べれば、ドライバーにとって百倍も有り難いものだと確信している。現在、この方法を県にお勧めしているところであるが、ぜひ全国的に普及したいものと考えている。

### イメージアップ活動を実施してみて

これまでに思い付いたことをいくつか実現してきたが、道路利用者には喜ばれるし新聞にも事務所や職員の名前が頻繁に載るしで、職員の士気が向上し、来客に事務所の中がとても明るくなったと言われるようになった。

建設事業でも建設業でも、イメージアップに一番効果的なのは、そこで働いている人が生き生きとしていること、これが当面の結論である。

## 排水性舗装

舗装路面の帶水による水はね防止や、連続した水膜の除去による走行安全性の確保、さらに最近ではエンジン音や、タイヤと路面との接触にからむ騒音を低減させる効果をねらって実施する排水機能を有した舗装(Drain Asphalt)のことをいう。

アスファルト舗装とコンクリート舗装のそれぞれで対応を図る例があるが、最近特に注目を集めているのは前者の方である。

歩道の透水性を目的とした透水性アスファルトコンクリート舗装は我が国でも実績はあるが、車道を対象にこれに $+ \alpha$ の機能を備えた低騒音型舗装(Silent Asphalt)の実績は未だ浅く1987年頃から試行されはじめた段階である。

これまでの実績をもとに、アスファルト舗装の性状を列記すると次のようになる。

- ① アスファルト混合物(以下アスコン)の最大粒径は、13mmと20mmの試行はあるが実例は前者が多い。
- ② アスコンの粒度は、開粒度アスコンの下限寄りで同時にギャップタイプに近づけている(図-1参照)。
- ③ アスコンの空隙率は12~19%の範囲にあるが、一部には改質アスファルトを使用して、20%以上にしているものもある。特に、ヨーロッパではベルギーのように20%以上を仕様に定めたり、イギリスでは古くから用いられた表層用マカダムでは25~28%としている。いずれにせよ低騒音型には20~22%が必要なようである。
- ④ バインダーは、ストレートアスファルトに植物性繊維を添加(バインダー量の10%程度)するか、フィラーの一部に消石灰を配合(フィラーの50%置き換える)する等の措置をとっている。又、改質アスファルトは、II型の改質アスファルトか、高粘度の特殊バインダーを用いるものがある。特に

ベルギーでは、高粘度で同時に低温脆性にも優れた排水性舗装バインダーの品質規格を適用している(表-1参照)。

表-1 ベルギーにおける排水性舗装用バインダー

項目	種類	
	排水性舗装用 バインダー	
針入度(25°C)	1/10mm	90~130
軟化点	°C	最低 75
粘度(135°C)	cSt	≥ 900
溶解度 CCl <sub>4</sub>	%m	最低 99
フラー脆化点	°C	≥ -18

バインダー量は繊維使用のものが5.0~6.0%，未使用のものは4.0~5.0%の範囲にある。

- ⑤ 骨材はロサンゼルスすりへり減量やPSV等の物理性状の他にスペインでは偏平率や細長比等を規格化しており、形状に着目した選定が重要である。
- ⑥ アスコンのマーシャル安定度は400~800kgfの範囲にあり、改質アスファルトを使用して安定度を高めるようにしている。
- 動的安定度は、ほとんどDS $\geq 1500$ 回/mmを満たす性状を示している。
- 透水係数は、いずれも $1 \times 10^{-2}$ cm/sec以上である。
- ⑦ 騒音の低減効果は、ストレートアスファルトに植物繊維を添加した排水性アスコンは、通常の密粒度アスファルト混合物に対して6~8dB(A)，改質アスファルトを用いた排水性アスコンは3dB(A)(乾燥時)~8dB(A)(湿潤時)あるとしている。
- ⑧ 目詰まり等に対する回復措置は、スイーパーとパキュームを併用している。

[小島逸平 熊谷道路(株)技術研究所]

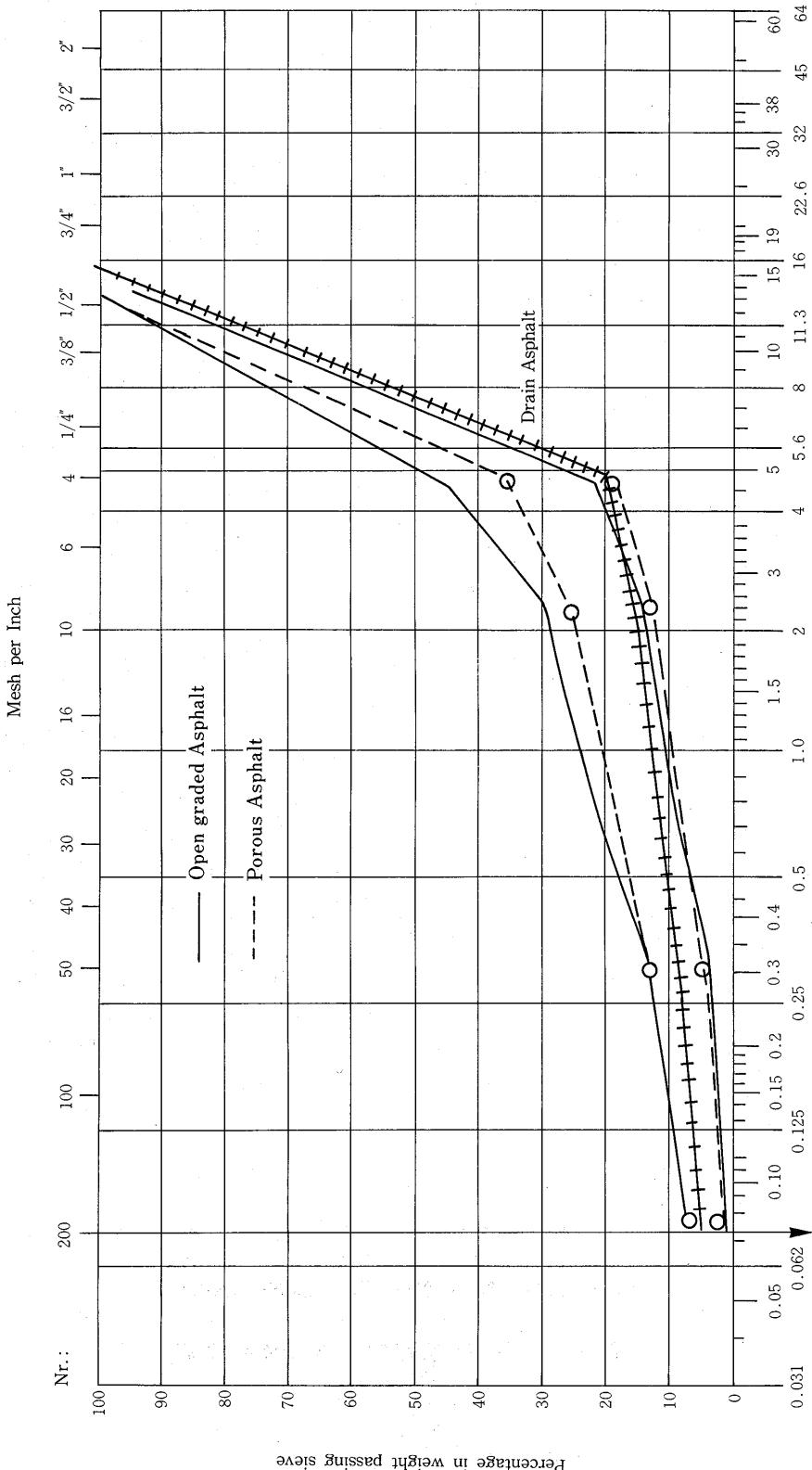


図-1 排水性舗装の合成粒度の例

## アスファルトルーフィング

わが国でアスファルトルーフィングといえば、それはフェルト状原紙、織布、不織布等の基材に、アスファルトを含浸、塗覆して得られたシート状の屋根防水用製品のことをさす。ふつう英国では Roofing felt、米国では Roofing membrane とよばれているが、屋根の上に敷き込めばよい様に出来上っているという意味から Prepared roofing、あるいは使用前はロール状に巻かれていることから Roll roofing と呼ばれることがある。

アスファルトルーフィングは通常、厚さ 2~5 mm、幅 1 m、長さ 10~30 m のものであり、これを 2~4 層にわたって張り重ねて、図-1 にみられるような積層防水 (Built-up roofing system) として用いるのが普通である。これをアスファルト防水とも称し、ゴムシートや各種ポリマーのシート（厚さは 0.8~1.5 mm と比較的薄い）を張るシート防水と区別している。ちなみに 1988 年におけるわが国の防水施工面積約 7800 万 m<sup>2</sup> の内訳は、アスファルト防水 48%，シート防水 36%，塗膜防水 13%，その他 3% となっている。アスファルト防水は、わが国においても 80 年以上の歴史を有し、信頼性の高い防水工法となっている。アスファルト防水の特徴は、工場成型品であるアスファルトルーフィングに、常温では固型のアスファルトを加熱溶融して液体状になった状態で塗りつけ、張り重ねて大面積の防水層を現場で作っていくことにある。この場合、張り重ね用接着材 (Mopping adhesive) 兼防水材としては、ローンアスファルトが通常用いられ、紙袋を破り、局部加熱をさけるため小塊状に碎いてかまに投入し、溶融させたものをひしゃくで流し込む。

アスファルトルーフィングの構成は次のようなものである。

### 1) 基材 (芯材, Carrier ともいう)

屑纖維、故紙などから作るラグ原紙；ガラス、ビニロン、ポリエスチル等から作る織布または不織布

### 2) 浸透用アスファルト (Saturant)

基材の水密性および強度向上のために含浸させるアスファルト；ふつう針入度 60~200 のストレートアスファルトが用いられるが、次の 3) によって兼用される傾向にある。

### 3) 上掛け用アスファルト (Coating)

基材の両面に塗布して用いるアスファルト。ローンアスファルトや、ポリマー混入アスファルト等の改質アスファルトが使用されるが、更に、タルク、石灰石粉等のフィラーが 10~40 重量 % 添加されることもある。

### 4) 被覆用鉱物粉または砂粒 (Mineral granule, chipping)

ベタ付きや紫外線劣化防止等の目的で表面に散布し付着せるもの。美観も重要である。

### 5) 自着層 (Self adhesive layer, 一部で実施)

基布下面のコーティングの下部すなわち最下層に感圧接着性のポリマー混入アスファルトを塗布し、これの保護としてはく離紙を貼りつけたものなどが最近登場している。これであると、張り重ね用の溶融ローンアスファルトがいらない、いわゆる冷工法が期待できる。またコーティング下面にポリオレフィンシートを貼って使用時にはバーナ

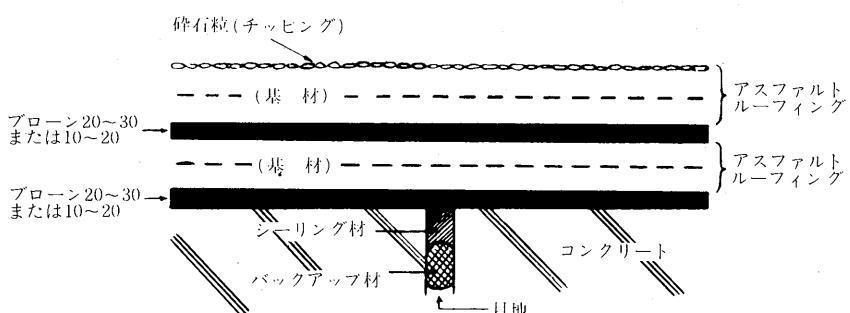


図-1 積層防水 (Built-up roofing) の一例

一であつり、下面の一部をポリオレフィンごと溶融させて張りつける、いわゆるトーチ工法の製品も出現している。

アスファルト防水に求められているものは、長い年月にわたっての不透水性であり、これを確保するためアスファルトルーフィングにはさまざまな性能が要求されている。数ある必要性能のなかでも、耐候性、高温での耐流動性、低温でのたわみ性(例、低温下での施工で、ロールを敷きひろげるときにクラックが発生しやすい)、下地の膨張／収縮に対する追従性、復元性、疲労抵抗性などはとりわけ重要なものであろう。

アスファルトルーフィングにおいては基材の種類や機

械的強度は大事な要素であるが、コーティング用アスファルトの性質もまた重要である。**表-1**にコーティング材として用いられる各種改質アスファルトの性状を示す。これらは特にヨーロッパでの使用実績が高いものである。高針入度、高軟化点のブローンアスファルトを基準にとると、APP入りのものは高温耐流動性が非常にすぐれ、破断時歪、疲労抵抗性が若干改善されるが復元性はあまり良くない。これに対してSBS混入品は高温耐流動性はさほどでもないが、低温でのたわみ性、破断時歪、復元性、耐疲労抵抗性などで圧倒的にすぐれていることを示している。

〔高橋正明 昭和シェル石油(株)中央研究所〕

**表-1 ルーフィング用各種改質アスファルトの性状**

改質材／方法	ブローリング	ブローリング	APP	鎖状SBS	枝状SBS
改質材混入量(%w)	—	—	30	12	12
針入度@25°C(10mm)	41	34	44	81	72
軟化点、TR & B(°C)	101	95	150	100	117
粘度@180°C(mPas)	1500	1300	3300	1100	2900
フラーク脆化点(°C)	-24	-19	-18	<-38	<-38
合格温度	流動性試験(°C) <sup>1)</sup>	85	80	125	80
	低温曲げ試験(°C) <sup>1)</sup>	-10	-5	-7	-25
引張試験	破断時の歪(%)	90	140	400	1940
	永久変形(%)	>50 <sup>2)</sup>	>100 <sup>2)</sup>	>300 <sup>2)</sup>	9 <sup>3)</sup>
疲労試験 破断までのサイクル数 <sup>4)</sup>	1	1	700	>10,000	8,000

1) DIN52123準拠

2) 破断後、24H放置したあとの歪

3) 1500% 引張後、24H放置したあとの歪

4) 基材を入れない3mm厚のシート状サンプル片を用い、  
20°Cで1~2mmの引張を1サイクル/分でくりかえす

☆

☆

☆

☆

# 平成元年市販アスファルトの性状調査

(社)日本アスファルト協会技術委員会

## 1. はじめに

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

## 2. 調査方法

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

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

## 3. データー提出機関

データーは、下記の各社製油所から本協会へ提出されている。(50音順)

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

## 4. 調査結果

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

表-2、3は、製油所毎の各品質項目における全ロットの平均値を、ストレートアスファルトのうち60～80、80～100の2種類について、取りまとめたものである。

## 5. あとがき

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

報告内容は、

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

表-1 石油アスファルト品質調査要約 (1) ストレートアスファルト

項目	種類 (25°C)	40 ~ 60		60 ~ 80		80 ~ 100		100 ~ 150		150 ~ 200		200 ~ 300	
		範囲	日本道路協会規格・JIS										
針入度	42~55	40を越え60以下	61~80	60を越え80以下	81~100	80を越え100以下	100以下	152~199	150を越え200以下	275~294	200を越え300以下	275~294	200を越え300以下
軟化点	47.5~53.0	47.0~55.0	44.5~52.0	44.0~52.0	42.5~49.0	42.0~50.0	35.0~44.5	30.0~48.0	37.5~37.5	30.0~48.0	30.0~48.0	30.0~48.0	30.0~48.0
伸度 (15°C)	cm	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	150以上	100以上	100以上	100以上
伸度 (25°C)	cm	99.7~100.0	99.0以上	99.3~100.0	99.0以上	99.3~100.0	99.0以上	99.1~100.0	99.0以上	99.0以上	100.0~100.0	99.0以上	99.0以上
三塩化エタン可溶分 Wt%		260以上	268~388	260以上	270~366	260以上	270~366	288~368	240以上	332~334	210以上	332~334	210以上
引火点	℃	300~366	260以上	268~388	260以上	270~366	260以上	288~368	240以上	332~334	210以上	332~334	210以上
薄膜加熱質量変化率	Wt%	-0.08~0.14	0.6以下	-0.35~0.15	0.6以下	-0.21~0.32	0.6以下	52.0~77.0	50以上	-0.06~0.03	1.0以下	0.00~0.01	1.0以下
薄膜加熱	%	58~76	58以上	55.6~82.0	55以上	55以上	55以上	52.0~77.0	50以上	-0.06~0.03	1.0以下	0.00~0.01	1.0以下
針入度残留率													
蒸発質量変化率 Wt%													
蒸発後の針入度比 %	95~103	110以下	83~107	110以下	85~104	110以下	85~104	110以下	110以下	1.000以上	1.000以上	1.000以上	1.000以上
密度	(15°C) g/cm³	1.030~1.049	1.000以上	1.014~1.044	1.000以上	1.008~1.045	1.000以上	1.012~1.032	1.000以上	1.017~1.024	1.000以上	1.017~1.024	1.000以上
動粘度	cSt 120 °C	996~1,520	582~1,300	582~1,300	580~1,104	580~1,104	580~1,104	580~1,104	580~1,104	410~519	340~380	340~380	340~380
動粘度	cSt 140 °C	341~482	235~453	235~453	215~360	215~360	215~360	215~360	215~360	180~211	180~211	180~211	180~211
動粘度	cSt 150 °C	216~295	161~281	161~281	152~221	152~221	152~221	152~221	152~221	120~135	98~107	98~107	98~107
動粘度	cSt 160 °C	143~218	106~196	106~196	99~160	99~160	99~160	99~160	99~160	89~103	46~58	46~58	46~58
動粘度	cSt 180 °C	70~102	54~100	54~100	52~100	52~100	52~100	52~100	52~100	39~40	39~40	39~40	39~40

表-2 石油アスファルト品質調査要約 (2) プローンアスファルト

種類 項目	0 ~ 5		10 ~ 20		20 ~ 30	
	範囲	J I S	範囲	J I S	範囲	J I S
針入度 (25°C)	2 ~ 3	0以上 5以下	11~20	10を超えて20以下	21~30	20を超えて30以下
軟化点 °C	135.0~138.5	130.0以上	90.0~136.0	90.0以上	80.0~104.0	80.0以上
伸度 (25°C) cm	0	0以上	2 ~ 4	1以上	2 ~ 5	2以上
三塩化エタン 可溶分 Wt%	99.9~100.0	98.5以上	99.2~100.0	98.5以上	99.3~100.0	98.5以上
引火点 °C	296~328	210以上	296~326	210以上	286~330	210以上
蒸発質量変化率 Wt%	-0.01~0.00	0.5以下	-0.04~0.01	0.5以下	-0.03~0.01	0.5以下
針入度指数	3.8~4.5	3.0以上	2.6~7.4	2.5以上	2.8~5.5	2.5以上

表-3 石油アスファルト品質調査要約 (3) 防水工事用アスファルト

種類 項目	第一種		第二種		第三種		第四種	
	範囲	J I S	範囲	J I S	範囲	J I S	範囲	J I S
針入度 (25°C)		25以上 45以下		20以上 40以下	21~36	20以上 40以下	32~45	30以上 50以下
針入度指数		3.5以上		4.0以上	5.4~6.9	5.0以上	6.0~7.8	6.0以上
軟化点 °C		85以上		90以上	100.5~ 118.0	100以上	98.5~ 118.0	95以上
蒸発質量変化率 Wt%		1以下		1以下	-0.03~ 0.00	1以下	-0.04~ 0.00	1以下
三塩化エタン 可溶分 Wt%		98以上		98以上	99.2~ 100.0	95以上	98.9~ 100.0	92以上
引火点 °C		250以上		270以上	290~324	280以上	284~318	280以上
フラークゼイ化点 °C		-5以下		-10以下	-25~-15	-15以下	-27~-20	-20以下
だれ長さ mm					1~3	8以下	1~4	8以下
加熱安定性 °C		5以下		5以下	1~3	5以下	0~3	5以下

表-4 ストレートアスファルト性状表 (60~80)

番号	針入度 (25°C)	軟化点 °C	伸 度 (15°C) cm	三塩化 エタン 可溶分 Wt %	引火点 °C	薄膜 加 热		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15°C) g / cm³	動 粘 度 (cSt)				
						質量変化 率 Wt%	針入度 残留率%			120°C	140°C	150°C	160°C	180°C
1	64	48.5	150以上	100.0	358	+0.10	64.0	100	1.0345	1,020	353	250	150	74
2	65	48.0	150以上	99.9	362	+0.05	66.0	100	1.0312	1,120	360	251	153	75
3	69	48.5	140以上	99.9	300以上	+0.09	61.0	100	1.0366	968	354	220	157	80
4	66	47.5	140以上	100.0	300以上	+0.06	69.0	100	1.0410	939	329	210	140	70
5	70	48.0	100以上	99.7	314	+0.03	69.0	97	1.0328	896	310		134	68
6	69	48.5	130以上	99.9	311	-0.10	66.0	100	1.0339	1,042	365		155	77
7	73	48.0	130以上	99.9	335	+0.10	66.0	98	1.0301	911	323		139	70
8	67	48.6	150以上	99.8	343	+0.10	68.0	98	1.0311	977	353		153	77
9	68	48.5	150以上	99.8	365	+0.08	76.0	92	1.0314	965	353	237	153	75
10	69	49.0	150以上	99.9	346	+0.09	68.0	90	1.0326	931	342	219	150	75
11	72	48.0	150以上	99.8	330	+0.10	61.0	97	1.0300	911	340	204	147	72
12	69	51.0	100以上	99.8	319	-0.01	70.0	98	1.0352	1,126		256		85
13	67	48.5	150以上	99.7	332	0.00	69.0	91	1.0264	787	288	187	127	67
14	71	45.5	100以上	99.7	364	+0.11	66.0	102	1.0418	823	292	188	127	63
15	70	50.0	140以上	99.9	300以上	+0.01	63.0	99	1.0369	899	314	200	132	66
16	70	49.0	150以上	99.9	270以上	+0.01	65.0	92	1.0274	1,101	359		159	79
17	73	48.0	150以上	99.9	342	+0.03	65.0	99	1.0296	952	349		152	77
18	71	48.0	100以上	99.9	355	+0.03	61.0	102	1.0170	930	342	220	150	76
19	68	49.2	100以上	100.0	343	+0.01	70.0	95	1.0314	1,059	367	229	155	77
20	72	49.0	150以上	100.0	360	+0.11	68.0	100	1.0330	933		212		73
21	70	48.5	150以上	99.8	289	-0.30	62.0	101	1.0280	1,065	401		160	85
22	67	48.5	140以上	100.0	308	+0.02	66.6	99	1.0287	984	342		145	72
23	69	47.2	150以上	99.8	293	+0.25	61.0	83	1.0325	1,026	362	231	154	100
24	71	47.9	140以上	99.8	325	-0.12	61.5	98	1.0280	965	333		140	69
25	65	46.8	150以上	100.0	373	+0.13	66.4	101	1.0283	764	293	188	129	67
26	72	47.0	100以上	100.0	304	-0.09	65.0	100	1.0275	887	303		130	66
27	70	48.3	150以上	99.6	321	-0.01	64.3	100	1.0281	950	342		151	78

表-5 ストレートアスファルト性状表 (80~100)

番号	針入度 (25°C)	軟化点 °C	伸 度 (15°C) cm	三塩化 エタン 可溶分 Wt %	引火点 °C	薄膜 加 热		蒸発後 の針入 度比 %	密 度 (15°C) g / cm³	動 粘 度 (cSt)				
						質量変化 率 Wt%	針入度 残留率%			120°C	140°C	150°C	160°C	180°C
1	90	45.5	150以上	100.0	358	+0.10	64.0	100	1.0315	798	288	200	126	64
2	88	46.0	140以上	100.0	300以上	+0.08	72.0	100	1.0360	872	319	207	140	71
3	89	45.5	100以上	99.6	307	0.00	70.0	98	1.0306	802	279		122	62
4	90	45.7	130以上	99.9	312	-0.11	64.0	100	1.0275	816	297		130	52
5	90	46.5	150以上	99.9	326	+0.08	57.0	96	1.0293	780	307	185	133	66
6	85	49.0	100以上	99.7	312	-0.01	71.0	100	1.0325	940		221		76
7	89	44.0	100以上	99.7	363	+0.10	68.0	102	1.0386	714	259	169	114	58
8	85	46.5	100以上	99.9	330	+0.09	59.0	99	1.0287	732	271	180	121	62
9	90	47.5	140以上	99.8	300以上	+0.01	63.0	99	1.0322	753	271	176	118	61
10	85	47.0	150以上	99.9	270以上	0.00	64.0	95	1.0251	847	310		140	71
11	86	46.5	150以上	99.9	340	+0.03	62.0	99	1.0278	845	312		139	72
12	90	45.2	100以上	100.0	350	+0.01	60.0	99	1.0130	835	307	206	136	70
13	92	46.0	150以上	100.0	348	+0.11	68.0	100	1.0320	740		174		62
14	87	47.0	150以上	99.9	284	-0.15	68.0	98	1.0260	951	330		148	79
15	88	45.3	150以上	99.8	287	+0.31	63.0	88	1.0311	786	270	180	124	100以下
16	88	45.7	140以上	99.9	330	-0.07	60.4	98	1.0270	812	287		124	62
17	89	46.1	150以上	99.5	326	-0.01	62.6	100	1.0254	737	282		130	69

<石油アスファルト需給統計資料> その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

(単位: 千t)

項目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
53 年 度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,217	(109.5)	0	5,217	297	5,514
54 年 度	297	5,064	( 96.8)	1	5,362	5,137	( 98.5)	2	5,139	236	5,375
55 年 度	236	4,720	( 93.2)	1	4,957	4,703	( 91.6)	21	4,724	240	4,964
56 年 度	240	4,598	( 97.4)	0	4,838	4,562	( 97.0)	19	4,581	226	4,807
57 年 度	226	4,624	( 99.2)	0	4,850	4,575	(100.3)	18	4,593	213	4,806
58 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59年度上期	226	2,541	(106.4)	0	2,767	2,516	(106.7)	0	2,517	252	2,769
59年度下期	252	2,694	(105.4)	0	2,946	2,705	(105.5)	0	2,705	240	2,945
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60年度上期	240	2,400	( 94.5)	0	2,640	2,339	( 93.0)	0	2,339	294	2,633
60年度下期	294	2,629	( 97.6)	0	2,923	2,696	( 99.7)	0	2,696	215	2,911
60 年 度	240	5,029	( 96.1)	0	5,269	5,035	( 96.4)	0	5,035	215	5,250
61年度上期	215	2,656	(110.7)	0	3,130	2,568	(109.8)	0	2,568	291	2,859
61年度下期	291	3,089	(117.5)	0	3,380	3,128	(116.0)	0	3,128	235	3,363
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,696	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62年度上期	235	2,745	(103.4)	7	2,987	2,681	(104.4)	0	2,681	312	2,993
62年度下期	312	3,146	(101.8)	2	3,460	3,181	(101.7)	0	3,181	274	3,455
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63年度上期	274	2,754	(100.3)	3	3,031	2,734	(102.0)	0	2,734	287	3,021
63年度下期	287	3,150	(100.1)	0	3,437	3,219	(101.2)	0	3,219	219	3,438
63 年 度	274	5,904	(100.2)	0	6,178	5,953	(101.6)	0	5,953	219	6,172
1. 4月	219	583	(115.0)	0	802	493	( 98.8)	0	493	309	802
5月	309	385	( 97.7)	0	694	350	( 95.6)	0	350	343	693
6月	343	396	( 95.2)	0	739	403	( 94.2)	0	403	331	734
4 ~ 6月	219	1,363	(103.5)	0	1,582	1,246	( 96.4)	0	1,246	331	1,577
7月	331	517	(108.2)	0	848	517	(109.1)	0	517	330	847
8月	330	497	( 99.0)	0	827	483	( 97.8)	0	483	342	825
9月	342	518	(113.1)	0	860	487	(102.5)	0	487	372	859
7 ~ 9月	331	1,532	(106.5)	0	1,863	1,487	(103.0)	0	1,487	372	1,859
元年度上期	219	2,895	(105.1)	0	3,114	2,733	(100.0)	0	2,733	372	3,105
10月	372	518	( 95.0)	0	890	541	( 96.3)	0	541	349	890
11月	349	621	(106.5)	0	970	612	(107.9)	0	612	357	969
12月	357	574	(104.4)	0	931	614	(105.9)	0	614	317	931
10~12月	372	1,714	(102.1)	0	2,086	1,767	(103.5)	0	1,767	317	2,084
2. 1月	317	368	(100.8)	0	685	352	(103.8)	0	352	332	684
2月	332	408	( 90.1)	0	740	416	( 94.8)	0	416	322	738
3月	322	681	(104.1)	0	1,003	724	( 98.8)	3	727	276	1,003
1 ~ 3月	317	1,457	( 99.0)	0	1,774	1,492	( 98.7)	3	1,495	276	1,771
元年度下期	372	3,170	(100.6)	0	3,542	3,259	(101.2)	3	3,262	276	3,538
元 年 度	219	6,066	(102.7)	0	6,285	5,992	(100.7)	3	5,995	276	6,271
2. 4月	276	581	( 99.7)	0	857	525	(106.5)	0	525	330	855
5月	330	429	(111.4)	0	759	468	(133.7)	0	468	287	755

(注) (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報2年5月確報

(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<石油アスファルト需給統計資料> その2

石油アスファルト内需実績（品種別明細）

(単位:千t)

項目 年 度	内 需 量				対 前 年 度 比							
	ストレート・アスファルト			合 計	ストレート・アスファルト			合 計				
	道路用	工業用	計		道路用	工業用	計					
53年 度	4,639	264	4,903	—	314	5,217	109.4	112.3	109.5	—	109.0	109.5
54年 度	4,617	177	4,794	—	343	5,137	99.5	67.0	97.8	—	109.2	98.5
55年 度	4,233	183	4,416	—	287	4,703	91.7	103.4	92.1	—	91.5	91.6
56年 度	4,082	202	4,284	4	274	4,562	96.4	110.4	97.0	—	95.5	97.0
57年 度	3,943	185	4,128	187	260	4,575	96.6	91.6	96.4	467.5	94.2	100.3
58年 度	3,950	177	4,127	540	254	4,921	100.2	95.7	100.0	288.8	98.4	107.6
59年度上期	1,915	79	1,994	403	119	2,516	99.9	95.2	99.7	170.8	101.7	106.7
59年度下期	2,084	83	2,167	403	135	2,705	102.5	88.3	101.9	132.6	101.5	105.5
59年 度	3,999	162	4,161	806	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.3	100.0	106.1
60年度上期	1,766	72	1,838	389	112	2,339	92.2	91.1	92.2	96.5	94.1	93.0
60年度下期	1,973	67	2,040	522	134	2,696	94.7	80.7	94.1	129.5	99.3	99.7
60年 度	3,739	139	3,878	911	246	5,035	93.5	85.8	93.2	113.0	96.9	96.4
61年度上期	1,825	66	1,891	565	112	2,568	103.3	91.7	102.9	145.2	100.0	109.8
61年度下期	2,155	175	2,330	673	125	3,128	109.2	261.2	114.2	128.9	93.3	116.0
61年 度	3,980	241	4,221	1,238	237	5,696	106.4	173.4	108.8	135.9	96.3	113.1
62年度上期	1,949	98	2,047	520	114	2,681	106.8	148.5	108.2	92.0	101.8	104.4
62年度下期	2,304	261	2,565	475	141	3,181	106.9	149.1	110.1	70.6	112.8	101.7
62年 度	4,253	359	4,612	995	255	5,862	106.9	149.0	109.3	80.4	107.6	102.9
63年度上期	1,987	166	2,153	464	117	2,734	101.9	169.4	105.2	89.2	102.6	102.0
63年度下期	2,319	255	2,574	504	141	3,219	100.7	98.1	100.4	106.1	100.0	101.2
63年 度	4,306	421	4,727	968	258	5,953	101.2	117.3	102.5	97.3	101.2	101.6
1. 4月	388	9	397	77	19	493	101.8	36.0	97.8	102.7	105.6	98.8
5月	275	6	281	52	17	350	97.9	60.0	96.6	91.2	94.4	95.6
6月	310	9	319	64	20	403	104.0	17.0	90.9	114.3	95.2	94.2
4~6月	973	24	997	193	56	1,246	101.5	27.3	95.2	102.7	98.2	96.4
7月	380	47	427	71	19	517	105.6	587.5	115.7	82.6	100.0	109.1
8月	338	47	385	79	19	483	101.5	117.5	103.2	78.2	95.0	97.8
9月	352	33	385	81	21	487	104.8	113.8	105.5	91.0	100.0	102.5
7~9月	1,070	127	1,197	231	59	1,487	104.0	162.8	108.1	83.7	98.3	103.0
元年度上期	2,043	151	2,194	424	115	2,733	102.8	91.0	101.9	91.4	98.3	100.0
10月	420	11	431	85	25	541	104.5	15.5	91.1	130.8	104.2	96.3
11月	427	78	505	83	24	612	98.8	269.0	109.5	103.8	92.3	107.9
12月	440	63	503	87	24	614	100.2	233.3	107.9	95.6	104.3	105.9
10~12月	1,287	152	1,439	255	73	1,767	101.0	120.6	102.8	108.5	100.0	103.5
2. 1月	189	59	248	84	20	352	106.8	113.5	108.8	92.3	100.0	103.8
2月	266	51	317	78	21	416	99.6	78.5	95.5	92.9	95.5	94.8
3月	575	33	608	93	23	724	95.7	253.8	99.0	98.9	88.5	98.8
1~3月	1,030	143	1,173	255	64	1,492	98.6	110.0	99.8	94.8	94.1	98.7
元年度下期	2,317	295	2,612	510	137	3,259	99.9	115.7	101.4	101.2	97.2	101.2
元年 度	4,360	446	4,806	934	252	5,992	101.2	105.9	101.6	96.6	97.7	100.7
2. 4月	417	9	426	79	20	525	107.5	100.0	107.3	102.6	105.3	106.5
5月	326	58	384	64	20	468	118.5	966.7	136.7	123.1	117.6	133.7

[注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 2年5月確報

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

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

(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

# アスファルト統計史

B5版・187ページ・実費額価 ￥3,000(送料実費)

申込先 (社)日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7

和孝第10ビル

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

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

当協会の調査委員会において、我が国のアスファルト統計について資料の収集・整理に努めて参りましたが、ここに「アスファルト統計史」を30周年記念として出版することになりました。

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

## 目 次

### I. 生産量

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

### II. 内需量（販売）

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

### III. 輸出入

1. アスファルト年別輸入・輸出量
2. アスファルト月別輸入・輸出量

### IV. 在庫量

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

### V. 販売量

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

## 社団法人 日本アスファルト協会会員

(五十音順)

社 名	住 所	電 話
<b>〔メーカー〕</b>		
出光興産株式会社	(100) 千代田区丸の内3-1-1	03(213) 3134
エッソ石油株式会社	(107) 港区赤坂5-3-3	03(585) 9438
鹿島石油株式会社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03(265) 0411
キグナス石油株式会社	(104) 中央区京橋2-9-2	03(535) 7811
キグナス石油精製株式会社	(210) 川崎市川崎区浮島町3-1	044(266) 8311
九州石油株式会社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03(502) 3651
共同石油株式会社	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03(224) 6298
極東石油工業株式会社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03(270) 0841
興亜石油株式会社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03(241) 8631
コスモ石油株式会社	(105) 港区芝浦1-1-1	03(798) 3200
三共油化工業株式会社	(100) 千代田区丸の内1-4-2	03(284) 1911
昭和シェル石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03(503) 4076
昭和四日市石油株式会社	(510) 四日市市塩浜町1	0593(45) 2111
西部石油株式会社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03(215) 3081
ゼネラル石油株式会社	(105) 港区西新橋2-8-6	03(595) 8300
東燃株式会社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03(286) 5111
東北石油株式会社	(985) 仙台市港5-1-1	022(363) 1111
日本鉱業株式会社	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03(505) 8530
日本石油株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03(502) 1111
日本石油精製株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03(502) 1111
富士興産株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03(580) 3571
富士石油株式会社	(100) 千代田区大手町1-2-3	03(211) 6531
三菱石油株式会社	(105) 港区虎ノ門1-2-4	03(595) 7413
モービル石油株式会社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03(244) 4691
<b>〔ディーラー〕</b>		
<b>● 北海道</b>		
コスモアスファルト(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通り西10-4	011(281) 3906
萬井石油株式会社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011(518) 2771
株式会社トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011(281) 2361
東光商事株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011(241) 1561
中西瀝青株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011(231) 2895
株式会社南部商会札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011(231) 7587
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西3	011(231) 4501
株式会社ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011(281) 3976

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
<b>● 東北</b>		
有限会社 男鹿興業社	(010-05) 男鹿市船川港船川字埋立地1-18-2	0185(23) 3293共
カメリ株式会社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022(264) 6111日
株式会社 木畑商会仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-17	022(222) 9203共
コスモアスファルト(仙台支店)	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022(266) 1101コスモ
正興産業株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区国分町3-3-3	022(263) 5951三
竹中産業株式会社 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	025(246) 2770昭和シェル
株式会社 トーアス仙台営業所	(980) 仙台市青葉区大町1-1-10	022(262) 7561共
常盤商事株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区上杉1-8-19	022(224) 1151三
中西瀝青株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-30	022(223) 4866日
株式会社 南部商会仙台出張所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-17	022(223) 1011日
ミヤセキ株式会社	(980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022(257) 1231三
菱油販売株式会社仙台支店	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-1	022(225) 1491三
<b>● 関東</b>		
朝日産業株式会社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03(669) 7878コスモ
アスファルト産業株式会社	(104) 中央区八丁堀4-11-2	03(553) 3001昭和シェル
伊藤忠商事株式会社	(107) 港区北青山2-5-1	03(497) 6660九
伊藤忠燃料株式会社	(107) 港区赤坂2-17-22	03(584) 8555共
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町2-24	03(269) 7541コスモ
株式会社 木畑商會	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03(552) 3191共
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03(551) 8011コスモ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野1-7-1	03(363) 8231出光
株式会社澤田商行関東支店	(104) 中央区入船町1-7-2	03(551) 7131コスモ
三徳商事株式会社東京支店	(101) 千代田区神田紺屋町11	03(254) 9291昭和シェル
新日本商事株式会社	(101) 千代田区神田錦町2-5	03(294) 3961昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 港区浜松町2-3-31	03(578) 9521出光
大洋商運株式会社	(103) 中央区日本橋本町3-2-13	03(245) 1621三石
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03(251) 0185昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿2-6-5	03(356) 8061モービル
株式会社トーアス	(160) 新宿区西新宿2-7-1	03(342) 6391共
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西1-9-12	03(496) 8691富士興
東京富士興産販売株式会社	(105) 港区虎ノ門1-13-4	03(591) 3401富士興
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋1-5-12	03(274) 2751三石
東新瀝青株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03(273) 3551日石
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03(552) 8151コスモ
東和産業株式会社	(174) 板橋区坂下3-29-11	03(968) 3101三共油化
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03(272) 3471日石
株式会社南部商會	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03(213) 5871日石
日石丸紅株式会社	(104) 中央区築地5-4-14	03(541) 4015日石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巣鴨4-22-23	03(915) 7151昭和シェル
日東石油販売株式会社	(104) 中央区新川2-3-11	03(551) 6101昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛎殻町1-17-2	03(661) 4951モービル
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03(580) 5211富士興
富士鉱油株式会社	(105) 港区新橋4-26-5	03(432) 2891コスモ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
富士石油販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-12	03 (274) 2061共 石
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (478) 3501富士興
丸紅エネルギー株式会社	(101) 千代田区神田錦町3-7-1	03 (293) 4111モービル
三井石油株式会社	(101) 千代田区神田駿河台4-3	03 (293) 7111極東石
三菱商事石油株式会社	(100) 千代田区丸の内2-6-2	03 (210) 9702三 石
ユニ石油株式会社	(101) 千代田区神田東糸屋町30	03 (256) 3441昭和シェル
菱東商事株式会社	(101) 千代田区神田和泉町1-13-1	03 (5687) 1421三 石
菱油販売株式会社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (345) 8205三 石
菱洋通商株式会社	(104) 中央区銀座6-7-18	03 (571) 5921三 石
瀧青販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (271) 7691出 光
<b>● 中 部</b>		
コスモアスファルト(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1111コスモ
株式会社澤田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7151コスモ
三徳商事株式会社静岡支店	(420) 静岡市紺屋町11-12	0542 (55) 2588昭和シェル
三徳商事株式会社名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781昭和シェル
株式会社三油商會	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721コスモ
静岡鉱油株式会社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1195モービル
新東亜交易株式会社名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3514富士興
竹中産業株式会社福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0766 (22) 1565昭和シェル
株式会社田中石油店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721昭和シェル
株式会社トーアス名古屋営業所	(450) 名古屋市中村区名駅4-2-12	052 (581) 3585共 石
富安産業株式会社	(939) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298昭和シェル
中西瀧青株式会社名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011日 石
松村物産株式会社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121三 石
丸福石油産業株式会社	(933) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860昭和シェル
三谷商事株式会社	(910) 福井市豊島1-3-1	0776 (20) 3134モービル
<b>● 近畿</b>		
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2271モービル
飯野産業株式会社神戸営業所	(650) 神戸市中央区海岸通り8	078 (333) 2810共 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0031出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7212コスモ
共和産業株式会社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500共 石
コスモアスファルト(株)大阪支店	(550) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2731コスモ
コスモアスファルト(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6262コスモ
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551昭和シェル
昭和瀧青工業株式会社	(670) 姫路市北条口3-51	0792 (77) 5001共 石
信和興業株式会社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691三 石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5510昭和シェル
正興産業株式会社	(650) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3301三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	0864 (73) 0350富士興
千代田瀧青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5531三 石
株式会社ナカムラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2551共 石
中西瀧青株式会社大阪営業所	(530) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (316) 0312日 石
平井商事株式会社	(542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5856富士興

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195富士興
富士商株式会社	(756) 小野田市稻荷町6539	08368 (3) 3210昭和シェル
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2771昭和シェル
株式会社松宮物産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608昭和シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073コスモ
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
株式会社菱芳礦産	(671-11) 姫路市広畠区西夢前台7-140	0792 (39) 1344共石
<b>● 四国・九州</b>		
伊藤忠燃料株式会社 九州支社	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3877共石
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111共石
大分九石販売株式会社	(870) 大分市中央町1-1-3	0975 (34) 0468九石
株式会社カントンダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111昭和シェル
株式会社九菱	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868三石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7436コスモ
サンヨウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615富士興
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131富士興
株式会社トーアス高松営業所	(760) 高松市亀井町8-11	0878 (37) 1645共石
中西瀝青株式会社 福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881日石
株式会社南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神3-4-8	092 (721) 4838日石
西岡商事株式会社	(764) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001三石
畑谷川裕造	(804) 北九州市戸畠区牧山新町1-40	093 (871) 3625コスモ
平和石油株式会社高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255昭和シェル
丸菱株式会社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561昭和シェル

編集顧問	編集委員
多田宏行 松野三朗	委員長：河野 宏 副委員長：真柴和昌 阿部忠行 今井武志 白神健児 姫野賢治 荒井孝雄 金田一夫 田井文夫 藤井治芳 安崎 裕 菅野善郎 戸田 透 飯島 尚 栄谷川裕造 二宮嘉朗 磯部政雄 小島逸平 野村敏明

アスファルト 第165号

平成2年10月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

印刷所 アサヒビジネス株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-582-1938(代)

**ASPHALT**

Vol.33 No. 165 OCTOBER 1990

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION