

2.3 歴 青 材

表-2 昭和43年度使用内訳
(1000t・ストレート・アスファルト分)

用 途	消 費 量
道 路 舗 装	
一 般 国 道	696
有 料 道 路	220
一 般 地 方 道	449
乳 剤 用	266
土 木 建 築 そ の 他	524
計	2 155

注：日本アスファルト協会資料による

菅原 照雄*

まえがき

道路舗装の普及につれて“歴青材”も重要な材料として本格的な研究の対象となりつつあり、最近の研究の進展はまことにめざましい。本文では、

- ① わが国における生産ならびに消費の現状
 - ② 製造方式および最近のアスファルトの性状
 - ③ アスファルト セメントに関する最近の研究
 - ④ アスファルトの品質改良に関する傾向
 - ⑤ 二次製品の話題
 - ⑥ アスファルト合材に関する最近の研究
 - ⑦ アスファルト合材における最近の話題
- などについて述べ、各位のご参考にお供したい。

1. アスファルトの生産、消費の現状

わが国の原油処理量の飛躍的増大は、必然的にアスファルト生産量の増大をもたらした。一方、道路舗装の普及により大量消費時代を迎えている。最近におけるわが国のアスファルトの使用実績¹⁾は表-1に示すとおりである。また表-2は昭和43年度における土木建築用アスファルトの使用内訳である。このような消費の伸びは舗装延長の増大、舗装の高級化に伴うものである。従来主力を占めていたドラムによる輸送も、道路がよくなったこと、アスファルト配分基地の整備などによってロー

表-1 わが国のアスファルト使用実績(1000t)

年 度	ス ト レ ー ト		プ ロ ー ン		計
	舗 装 用	土 木 ・ 建 築 用 そ の 他	舗 装 用	土 木 ・ 建 築 用 そ の 他	
昭和35	287	27	1	122	437
40	1 075	140	3	193	1 411
41	1 215	323	4	207	1 749
42	1 373	457	4	235	2 069
43	1 631	524	4	255	2 414

注：日本アスファルト協会資料による

* 正会員 工博 北海道大学教授、工学部土木工学科

リー輸送が75%を占め、先進国なみになった。アスファルトの生産可能量は二、三年後には400~500万tに達するものといわれ、一方、道路建設工事量も飛躍的に増大して行くので、ここ当分は消費量は増大の一途をたどるものと推定されている。

2. アスファルトの製造ならびに最近のアスファルトの性状

真空蒸溜方式が広く用いられるようになってきているほかには、製造方式に基本的な大きな変革はみられないが、近い将来プロパン脱れきによるアスファルトの製造が一般化して行くものと思われる。所要コンシステンシーをうる方式として、① フラックス油との混合、② 硬質、軟質アスファルトの混合、③ 高針入度アスファルトのブローイング、の3つの方法が採用されるが、①の方法でトラブルを生じている例がみられる以外、いずれの方法によっても良質のものが得られている。

最近ではアスファルトメーカーもそれぞれ研究を進めており、製造方式、生産管理方式も充実し、品質もかなり安定したものとなっている。

しかしアスファルトの性状は、原油ならびに製造方式によってかなり幅広く変化する特性をもつものであり、わが国のような原料、処理事情のもとでは、性状差を縮めることは容易ではなく、施工技術上これをカバーして行く努力が必要である。この意味においては、わが国の施工技術はかなりのレベルに達しているものとみなして差しつかえないであろう。

現在わが国で用いられているアスファルトの90%以上は、中東系中間基アスファルトであり、かつて全盛であったナフテン基アスファルトの量はきわめて小さい。これらの中間基アスファルトはナフテン基にくらべて感温性はやや小さいのが普通で、全般的に伸度が小さく、好ましくない性質ももっているとの評価も無視できないが、諸外国ではこのような評価はほとんどみられず、決定的なマイナスではないと考えてよからう。

諸外国のアスファルトの性状もわが国のそれと大同小

異であるが、感温性の低下をめざす傾向がみられるのは注目に値する。

3. アスファルト セメントに関する最近の研究

規格面では、針入度、軟化点、伸度などで表現されているアスファルトの性状も、研究目的からは十分なものではないとの意見が支配的である。すなわち、従来の工学的方法をさらに進めて、力学的な絶対値表現をしようとする試みがなされている。針入度、軟化点、伸度などはいずれもコンシステンシー表現であり、これにかわるものとしては当然関係要素を考慮に入れた

常温以上において：粘性係数（ポアズ）

常温以下において：スティフネス（kg/cm²）

（弾性体における弾性定数に相当）

になる。この方面の研究は世界石油会議²⁾において多く論じられている。

このほか、非常に重視すべきだとされている試験に蒸発減試験（加熱安定性試験）がある。JIS に規格されているものは、その性状をよく表現することは不可能であり、これにかわるものとして薄膜加熱試験³⁾（Thin Film Oven Test）、回転式薄膜加熱試験⁴⁾（Rolling Thin Film Test）が提案された。これらはわが国として真剣に検討すべきものと考えられる。伸度については多くの意見が併立しているが、いずれの見解も客観的にすべてを説明することは不可能であり、将来の研究が期待される。一つの突破口としては筆者の提起した合材の引張りにおける応力緩和に関する手法が考えられる。

Krom らは表-3 に示す規格方式を提案した⁵⁾。さらにアメリカは、針入度によるコンシステンシー分類をや

表-3 合理的な舗装用アスファルト仕様の形式

性 質	要 求	摘 要
機械的性状		
60°C 粘度または EVT	最高・最低	1
EVT 200 cS または粘度指数 (EVT 200 cS - EVT 20 000 cS)	最高・最低	2
0°C, 50 c/s のスティフネス	最 高	3
-10°C, 10 ⁴ sec のスティフネス	最 高	
耐 久 性		
薄膜加熱またはマイクロフィルム耐候性試験前後の試料についての低温性状の比	最 高	4
そ の 他		
引火点（クリーブランド開放式）	最 低	5
比 重		
灰 分		5

- 注：① 200/400, 500/1000, 1500/3000, 4000/8000 ストークスの4分類が適当であろう。
 ② 外の性状が適切であれば、さして重要な問題ではない。
 ③ 3つのうち一つで十分ではないか
 ④ 15°C における最低の針入度と関連させてフラース試験が利用できる（完全な方法ができるまでの暫定的方法）。
 ⑤ 暫定的には、たとえば 15°C における針入度比を利用できる。
 ⑥ 適宜きめられるべきである。

表-4 舗装用アスファルトの限界条件

性 状	限 界 条 件		合材中のアスファルトで重要な性質
	温 度 (°C)	載 荷 時 間 (sec)	
施 工 条 件			
混 合	高 (100°C以上)	—	EVT 200 cS 最低最高
敷 び ろ げ	高	—	
て ん 圧	高	—	EVT 20 000 cS 最低最高
実用条件（サービス）			
塑性変形	高 温	長 時 間	粘度最低 ¹⁾
バインダーのしみ出し	高 温	長 時 間	粘度最低 ¹⁾
き裂（荷重による）	低 温	短 (10 ⁻² sec)	スティフネス最高 ²⁾
々（温度応力）	低 温	長 時 間	スティフネス最高 ²⁾
表面のいたみ	低 温	短 (10 ⁻³ sec)	スティフネス最高 ²⁾

注：① 混合中に老化が生じていることに注意

② 道路として使用中にエージングが起こることに留意

め、粘度区分による分類を提案し、目下研究仕様として大規模な検討を進めている。表-4 はこれらの基礎となる概念⁶⁾である。しかし、これらの手段は研究的には有効で、かつ合理的ではあるが、設備が高価なこと、設備の操作に高度の技術を必要とすることなどから、土木技術への直接的な応用には多くの困難が伴うものとされている。現在の段階では、それらの工学的手法と合理的手法のと関係を明確にして（工学的手法に理論的根拠を与えて）、研究もしくは管理センターには高度の設備を行ない、現場管理手段として在来の方法を用いるのがよいと考えられる。

将来出現を予想される特殊アスファルトをも含め、規格上必要とされる研究手法のおもなものを次にあげておく。

- ① 粘度：マイクロビスコメータ（常温）
- ② 粘度：回転式レオメータ（高温）⁷⁾
- ③ スティフネス：振動法によるスティフネス測定装置
- ④ 薄膜加熱試験：試験装置一式ならびにマイクロビスコメータ

4. アスファルトの改質研究

摩耗抵抗の増大、高温時における平坦性の確保などから、アスファルトの改質についての要求が多い。しかし本質的に他の性質をそこなうことなく、ある性質のみを改良することは不可能に近いほど困難なことである。現在採用されている改質法は次の2つに大別できる。

- ① 天然、合成ゴム、合成樹脂の添加
- ② 触媒を用いたブローイング

この両者とも改質の特効薬たり得ず、コスト-効果関係が得られない今日、決定的な決め手を欠く感はまだぬがれない。改質において留意しなければならないのは、あ

る効果が得られる反面、かならず大きなマイナス面が出ることであり、マイナス面が全く存在しない改質はないことである。このマイナス面が比較的少ないのが上あげたごく少ない例である。合成樹脂の添加はとくに、二の例外を除いては、むしろマイナス面の方が多い。

舗装の性状改善は、設計、施工、維持の総合によって解決されるべきものであり、単にアスファルトの質の向上によってのみはかられるべきものではないとするのが世界の犬勢である。しかし、ある特定の目的が明確な場合には、特殊アスファルトが非常に有力な武器たりうることは、すでに広く知られているとおりでである。

5. 歴青材の二次製品

(1) カットバック アスファルト

従来日本的な気象条件のもとでは利用が困難とされてきたカットバック製品も、周囲の各種の事情の変化によりかなり大量消費の時代に入ってきた。これは補修用材、仮舗装材料として大都市での消費がここ一、二年急激に増加したこと、付着性向上剤としての離防止剤が容易に利用されるようになって、常温混合でも性能のよい合材が得られるようになったことに起因している。一般に舗装の普及はカットバック アスファルトの消費をもたらすとされており、将来ともこの傾向は続くものと思われる。

(2) アスファルト乳剤

アスファルト乳剤のうち注目を集めているのは、在来のアニオン乳剤にかわるカチオン乳剤である。年間 40 万 t の生産のうちすでに 80% はカチオン乳剤である。この乳剤はアニオン乳剤とは電気化学的に逆のタイプであり、アスファルト粒子はプラスに帯電して、水にぬれてマイナスに帯電した骨材、土とよく接着する。これはいわゆる全天候型に一步近づいた材料であり、舗装技術上きわめて有利な材料とみなすことができる。

6. アスファルト合材における研究の動向⁹⁾

アスファルト舗装の構造設計の進展は、必然的に合材の力学的な性状の研究の進展をもたらした。そして今日では、構造関係研究者と材料関係研究者が一体とならない限り、これ以上の進展はみられないという状況にある (Shell Group の例、カリフォルニア大学の例によっても明らかである)。構造設計の一手段としての材料研究は、必然的に合材研究に“解析のできる性状表現”という要求をもたらした。この意味では、もはやマーシャル、

ハバードなどの工学的手法は通用しない試験法に迫りやられた。しかし、これらは現場品質管理手段としてそれなりの大きな価値をもっていることはいまでもない。

従って、新しい力学的試験法、特に解析に耐える多くの方法が提案され、大きな進歩をとげた。その主なものについて簡単に説明しておく。

(1) アスファルト合材のスティフネス⁹⁾

シェルグループによって提案された合材スティフネス概念は、約 20 年の歴史を経た今日、世界各国の主な若手研究者によって受け継がれ、この分野での主流をなすに至った。最近シェルグループによって

$$\frac{S_{mix}}{S_{bit}} = \left(1 + \frac{2.5}{n} \frac{C_v}{1 - C_v}\right)^n$$

ここに S_{mix} : 合材のスティフネス (kg/cm²)

S_{bit} : アスファルトのスティフネス (kg/cm²)

$$n : 0.83 \log \frac{4 \times 10^5}{S_{bit}}$$

C_v : 骨材体積率

なる $S_{mix}-S_{bit}$ 関係式が見出された。この研究は、過去 10 年間にこの分野で得られた成果のうち最も大きなものの一つとして評価される。アスファルト合材のスティフネス理論は、レオロジー論における時間要素、温度要素を含めた考え方として、各種設計理論にただちに應用、展開が可能なことに大きな特徴がある。

(2) アスファルト合材のレオロジー性状

熱レオロジー的な考え方で合材の性状をかなり合理的に論ずることができることは多くの研究によって明らかにされている。とりわけシフトファクターの概念導入は重要であり、舗装合材に対する観念を単純化することができる。アスファルト合材の脆性も重要なテーマである。筆者らは、いろいろなひずみ速度における試験から、応力-ひずみ関係を明確にし¹⁰⁾、舗装用合材は車両走行速度の範囲内でも、10°C、15°C という温度で容易に脆性領域に入ってしまうこと、そのときの破断ひずみが一般の常識よりかなり小さいことを示した。これらの性状は、たわみ性舗装の概念がかならずしも妥当ではないこと、すなわち長期荷重にはたわみ性であっても、短時間荷重においては、たわみ性ではないことを示している。

(3) 疲労研究¹¹⁾

合材の疲労研究はかなり高度の研究に属し、今日まできびしい評価に耐えうる研究例はきわめて少ない。なかで注目すべきものは、① P.S. Pell らの研究、② Nijboer らシェルグループの研究、③ C.L. Monismith らの研究で、①、②は先駆的役割を果たし、③は舗装設計法への適用に新しい道を開いたものであり、最近の一つの代

表的な成果である。

(4) 熱 問 題

温度応力、応力緩和などを検討すべき分野であるが、まだ緒についたばかりであり、将来が期待される。

以上述べた合材研究の現状からみれば、アスファルトならびにアスファルト合材はすでに経験的材料の域を脱し、独立した学問分野として重要な立場を占めつつあるとみなすことができる。とりわけ、この分野で果たしたシェルグループ(オランダ)、カリフォルニア大学などの研究グループの基礎的な面での力は非常に大きい。

7. 舗装用混合物における最近の話題

高速道路の建設を経て舗装技術の進展は著しい。高速道路の建設は、合材製造プラントの大型化、品質管理の高度化をもたらした。また最近アスファルト合材の製造販売も各地で行なわれており、機械の効率的運用、品質管理の徹底、公害防止などで一連の合理化が行なわれていることは喜ぶべきことである。反面、砂、碎石の入手難などから砕砂の利用、新しい型の合材の開発なども提案されている。また、公害問題の解決、交通難緩和対策などの理由から、加熱合材の貯蔵問題が出ている。これは、日本独自の技術として開発してゆかなければならない。

交通の激化とともに舗装の消耗も激しくなり、また構造上の要求もあって、耐久性、耐候性にすぐれた合材の開発が要求されているが、グースアスファルトは数年間にわたる努力によって、その確固たる地位を固めたかに見える。舗装の明色化、カラー舗装も注目を集めているが、いまだに見るべきものがない。ロードアスファルトに対する関心も一部に根強いものがある。

8. アスファルトの用途開発

わが国では鉄道における路盤工、道床工などの用途開発が進められており、世界に先がけてこの分野で採用される可能性がある。水利構造物、港湾、河川などへの利用はわが国でもようやく本格化してきた。長所の活用は好ましいことではあるが、アスファルトの持つ本質的な欠陥をカバーして行くためには、なお将来の技術開発が要求される。

おわりに

すでに述べたように、最近 10 年間における研究の進展はめざましく、今や従来の経験を主体とした考え方から、科学的な手法の適用可能な材料と考えられるようになってきた。

しかし、わが国はもちろん、世界各国ともこの分野の研究者の数は十分ではなく、もう一步の進歩がさまたげられている。歴青材については、化学、物理等の専門家の援助を得て、グループとしての研究がなければ、これ以上の進展は望み得ないのではないかと考えられる。

紙面の関係から十分意を尽すことができなかったが、各位のご叱正、ご批判が戴ければ幸いである。

参 考 文 献

- 1) アスファルト, Vol. 12, No. 67, p 68, 1969年4月号
 - 2) The Proceedings of The 7th World Petroleum Congress, 1967, PD 41 関連論文多数
 - 3) A.S.T.M.: D 1754-67 T
 - 4) Hveem, F.N., Zube, E. Skog, J.: Proceedings of The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 32, p. 271, 1963
 - 5) 6) Krom C.J.: 前出 2)
 - 7) 間山正一・北郷新平および中島昭雄: 土木学会第 24 回年次学術講演会概要集, 第 IV 部門, p 295, 昭和 44 年
 - 8) Highway Research Board, N.C.H.R.P., No. 39, 1967
 - 9) Heukelom, W., Klomp, A.J.G.: Proceedings of The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 33, p. 92, 1964.
 - 10) 菅原照雄ほか: 土木学会第 23 回年次学術講演会概要集, 第 IV 部門, p. 299 および p. 309, 昭和 43 年
 - 11) 論文多数, 前出 8) にまとめられている。
- 最近の展望として,
菅原照雄: 石油学会誌, 第 11 巻 第 9 号, p. 682, 1968.

日本の土木技術

100年の発展のあゆみ

第二版発売中 上製箱入

A 5・490 ページ 1200 円 千 110 円

●お申込みは土木学会へ……一括注文は御相談ください●

土木学会が創立 50 周年 (1964 年) を記念して出版した土木技術史で、若い技術者とくにこれから土木工学の真随をきわめようとする学生諸君のためには絶好の読物といえる。

I 土木技術と国土の開発 II 水の利用と水との戦い III 交通路の整備 IV 都市の建設 V 材料の進歩と構造技術の進展 VI 基礎技術の進歩 <年表および索引つき>