

アスファルト

第34巻 第171号 平成4年4月発行

171

特集・アスファルトの多様な用途

特集にあたって	飯島 博	1
地下の防水	所 武彦	2
アスファルトマスチックを用いた連続止水壁	建部 英博	8
工法と空隙入りアスファルトマスチックについて		
木造住宅用床防音材	米田 憲夫	13
ビル建設関連用途におけるアスファルトの応用	青木 秀樹	18
防蟻剤、野兎忌避剤へのアスファルトの利用	脇阪 三郎	20
タイルカーペット	梶川 晃男	25
鉄道軌道に用いられるセメントアスファルトモルタル	鳥取 誠一	29

〈アスファルト舗装技術研究グループ・第11回報告〉

アスファルト舗装工学の発展を目指して(8)	姫野 賢治	34
各国のアスファルト舗装設計法の現状と研究の動向		
	峰岸 順一・鈴木 秀輔	35
	田中 耕作・湯川 ひとみ	

〈用語の解説〉

インターロッキングブロック(舗装)	小島 逸平	43
熱可塑性エラストマー	板垣 和芳	45
総目次 第167号～第170号(平成3年度)		47
〈統計資料〉 石油アスファルト需給統計資料		49

ASPHALT

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

論文賞募集

アスファルトは、道路舗装材料や建築防水用などの公共資材を始めとしてインクの原料・産業廃棄物の固化等広い範囲に利用されておりますが、それぞれの分野においてアスファルトの品質に対する改善要望などが出てきております。

このため、アスファルトの製造・品質・利用・流通等の技術的進歩改善を目指した技術についての論文を広く募集いたします。

〔 応 募 要 項 〕

●テーマ

「アスファルトの製造・品質・利用・流通」に関するもの
アスファルトの製造技術、アスファルト品質技術(改質アスファルトを含む)、アスファルトを用いた舗装技術、アスファルトを用いた防水技術、アスファルト利用技術等

●応募条件

- (1) 未発表の論文に限る。
- (2) 1 ページ44行、1 行24字の原稿用紙で20枚程度(図版、写真等を含む)
- (3) 提出に際しては300字以内に論文要旨を添付する。
- (4) 応募論文は、返却しない。
- (5) 入選論文の著作権は、(社)日本アスファルト協会に帰属する。

●応募資格

資格は問わない

●賞 金

入選 1 席……………賞金30万円 1 編
入選 2 席……………賞金10万円 1 編
佳 作……………賞金 5 万円 4 編

●発 表

平成 5 年 4 月末日

(7 月発行予定のアスファルト誌で公表)

●選考委員

委員長

多田 宏行 (財)日本道路交通情報センター副理事長

委 員

藤井 治芳 建設省道路局長
河野 宏 建設省土木研究所次長
橋本 鋼太郎 建設省道路局企画課長
飯島 尚 建設省土木研究所研究調整官
矢野 善章 建設省道路局市町村道室建設専門官
阿部 頼政 日本大学理工学部土木工学科教授
千葉 博敏 グリーンコンサルタント(株)常務取締役
南雲 貞夫 熊谷道路(株)常務取締役技術研究所長
飯島 博 三菱石油(株)顧問
牛尾 俊介 昭和シェル石油(株)アスファルト部長
真柴 和昌 パシフィック石油商事(株)取締役社長

●募 集

平成 4 年 4 月 1 日～平成 5 年 2 月末日

(期間中及び平成 3 年 4 月 1 日から平成 4 年 2 月までに発行されたアスファルト誌の論文を含む)

●送り先

〒105 東京都港区虎の門 2-6-7 和孝第10ビル
社団法人 日本アスファルト協会宛
☎03-3502-3956

主催 (社)日本アスファルト協会

特集にあたって

飯 島 博
三菱石油㈱顧問

人類によるアスファルト利用の歴史は非常に古く、紀元前3800年から同2500年頃、東南メソポタミア流域において、古代バビロン人がエジプトのナイル川とインドのインダス川の間に存在する多くのアスファルト鉱床を開発し、そのアスファルトを装飾品、塗料あるいは接着剤として活用し、また煉瓦や石材の膠着剤として建築および舗床に利用したのがその始まりであるといわれており、石油精製業が成立するまでは、世界各地に産出する天然アスファルトが色々な用途に利用されていた。

今世紀に入って石油精製技術の進歩と共に、原油を蒸留して品質の優れた石油アスファルトが大量に生産されるようになると、天然アスファルトは徐々に石油アスファルトに置き換えられた。そして現代では色々な用途に使用されているアスファルトはほとんどが石油アスファルトであるが、トリニダッド天然アスファルトなどはその優れた性能が高く評価され、今なお特殊な用途に使用されている。

アスファルトはよく知られているように、熱可塑性、粘弾性、不透水性、粘着性、電気絶縁性、耐薬品性等の性質を有しており、かつ比較的安価に大量供給されることから、これまでにこのような性質を巧みに活かして数多くの用途が開発されてきた。

長い歴史のある用途として、道路舗装用、水利工事用、ルーフィング製造および防水工事用、ターポリン紙、アスファルトブロック、塗料、目地板、電気絶縁材料、ゴム混和、ネックグリース、保冷、水道用鋼管の塗覆装、メッキタンク上塗、プレーキライニング、艦船ビッチ、ブラックテープ、レンズ研磨用等が、また比較的新しく開発された用途として、鉄道線路、農業および林業用、砂漠の緑化、建材および床材、防音材、制振材、ノンネガティブフリクションパイル、放射性廃棄物やゴミの固化、ガス化および熱分解用、燃料用等がある。

このようにアスファルトの用途は土木建築やその他の工業、農林業さらには燃料まで非常に幅広い分野にわたっており、文字通り多様な用途といえる。しかしながらこれらのうち、道路舗装用とルーフィング製

造および防水工事用（以下防水用）がアスファルトの二大用途となっている。

当協会の平成2年（1990）度の石油アスファルト内需実績（品種別明細）は合計6,205千tであり、そのうち道路用のストレートアスファルトが4,414千t（シェア71.1%）、ブローン256千tのうち防水用に用いられている分が約200千t（シェア3.2%）であり、これを加えた計は約4,614千t（シェア74.4%）になる。この4,614千tに燃焼用の929千tを加えたものを全内需から差し引いた約662千t（シェア10.7%）は、その他の多様な用途に使用されているアスファルト量と推定される。

道路舗装用および防水用に使用されているアスファルト量は全内需の約3/4とその大半を占めており、本誌でもこれに関する記事が取り上げられている機会が圧倒的に多く、それぞれに認識が十分深まっていると考えられる。一方道路舗装用および防水用以外の「多様な用途」については、アスファルト使用量も多くななく、またそのほとんどの用途が、例えば自動車や家電製品のアスファルト系制振材のように我々の身近にあってその恩恵をこうむっているにもかかわらず、人目に直接触れることがないため一般に馴染みが薄い。

そこで今回このような「アスファルトの多様な用途」にスポットをあててみることにした。これまでみたように、対象になる用途は多様であるので、そのうちから

- ・比較的新しく開発された、または実用化された用途・以前からある用途でもこれまで本誌でほとんど紹介されていないもの

- ・技術的に珍しく、かつ面白い用途

- ・開発途上にあるもの、あるいは最新の技術等の観点からテーマを選定、それぞれについて専門の方々最新の状況も含めて執筆していただいた。

最近、石油産業において地球環境保全の見地からもアスファルトの用途をさらに拡大しようとの動きが出てきている。アスファルトの多様な用途について認識を深めると同時に、新しい用途開発についてのヒントになればと考える。

地下の防水

所 武 彦*

1. はじめに

一口に地下の構造物と言っても、極めて様々な目的を以って造られている。地表面からの深さ、規模そして、地盤の性状によっても形が異り、造り方も千差万別と言って良いであろう。

地下の利用という観点からすれば、古代人の穴居生活に始まるのであろうが、建物を造る技術を憶えてからは、特別な事情や特に立地条件の良い場所以外は、やはり太陽の恵みを享受できる地表面に生活空間を設けるようになったのは自然の成り行きである。

近代における地下の利用は、主に産業革命や工業化社会の発展に伴う都市の人口集中によるもので、水道や下水道、鉄道や道路トンネル、さらには、ガス、電力、通信、地下街等建設技術の発展と利便さを求める現代の社会的要請とが相俟って、これらの施設を地下へ埋め込む努力は留まるところを知らない。

しかし、我国のように、都市の大部分が河川敷に発達した沖積地盤に立地している場合、建設に当っては常に軟弱な地盤や地下水との戦いを余儀なくされ、建設後も構築への地下水の流入に頭を悩ませることは必定である。にも拘らず今、深い地下の利用計画が盛んに謳われるようになって来た理由の一つに、地下高騰という鬼子の存在があることは周知の事実である。

地下に施設を造るということは、長期に亘ってそれを利用するということであり、機能の維持や快適な空間を維持するということでもある。その意味でも防水は、地下施設にとって、必要欠くべからざる最も重要な項目の一つであると言っても過言ではない。

本文では、土木構造物の中でも特に防水が問題となる地下構造物のそれについて述べ、さらに、防水材料として最も実績を誇り信頼が高いとされるアスファルト防水に着目し、その特徴や歴史的流れ、今後の課題等について概観するものである。

2. 地下防水の特徴

地下構造物で防水が問題となるのは、主に、コンクリート構造物であるが、貯水や導水等を目的とする土構造物も含まれる。防水の役割は、一般に、構築内への水の流入防止であるが、プールやダムのように、内容液の漏出を防止するものもある。防水の効果の面からは、構築が水圧を受ける側に防水層を形成する所謂外防水が原則である。しかし、建設時にその施工が防水の目的を十分に達成できるような条件にあるか否かは一概に言えない。構築の建設方法や現場の個々の施工環境は様々であり、したがって、それぞれの条件により合致した施工方法や、防水材料を選択して行く以外手はない。

例えば、山岳トンネルでは、防水が必要とされる状況においても、これ迄の構築方法では、防水の施工条件が整うことはほとんど考えられず、専ら排水設備に頼って来た。しかし、NATMの普及と共に、一次覆工と二次覆工との間にプラスチックシート等による信頼性の高い防水層を形成することが可能となった。

一方、シールド工法による地下構造物は、通常、セグメントリングの継手のシーリングによっている。しかし、防水効果を長期的に維持しようとするならば、さらに、二次覆工を設けセグメントとの間に防水層を形成するといった方法を検討すべきであろう。

都市部における地下鉄や共同溝では、開削工法が一般的で、その防水の基本形は、図-1のようなものである。また、防水を材料面から大別すると次のようになる。

- ・アスファルト系
- ・ゴムアスファルト系
- ・セメントモルタル系
- ・無機質活性系（浸透防水）
- ・高分子シート系
- ・高分子塗膜系

*ところ たけひこ 日本総合防水協研究室室長

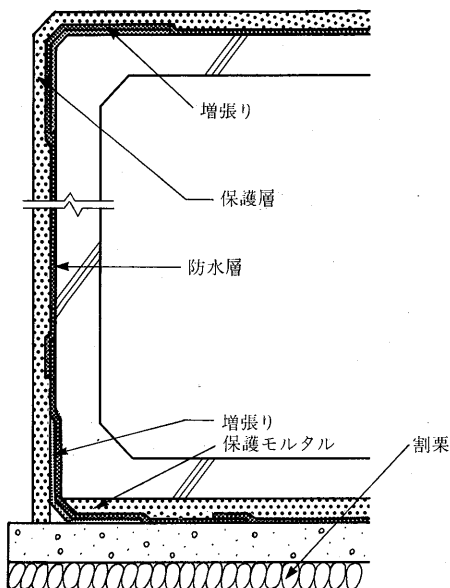


図-1 地下構造物の防水（一般図）

開削工法の場合、周辺の地下水位を充分に下げた後施工を行うのが原則であるから、防水も確実な施工が可能であると考えられている。しかしながら、

- ① 湿度が高く、施工面が濡れていることがある。
- ② 構築の施工と防水施工とが競合することが多い。
- ③ 後防水に必要な作業空間が確保されないことも多

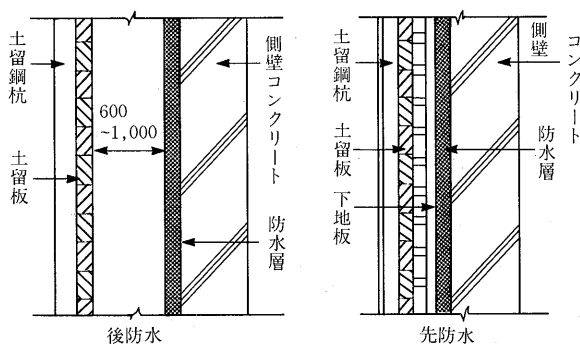


図-2 開削工法・側部の防水方法

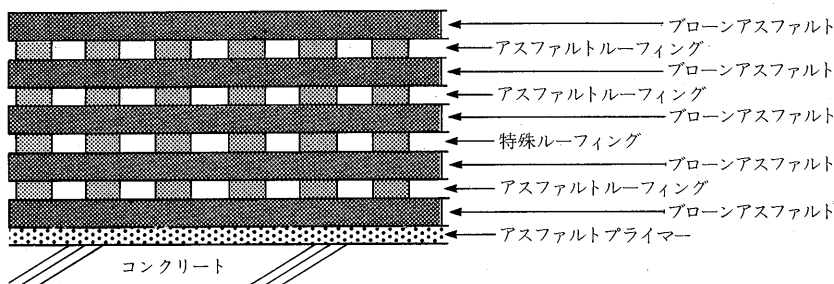


図-3 アスファルト防水熱工法による地下防水の仕様例

い（図-2）。

④ 施工後、水位の回復により水压を受ける。

等、極めて厳しい施工条件を受け入れざるを得ないことが多く、理想的な防水を施工することは容易ではない。これらの問題は、構造物の深度が大きくなればなるほど施工時における作業環境上の問題も加わり、複雑で厳しいものとなる可能性がある。この点からも、構築の施工法を考える場合、防水の施工法やその施工環境を合せて検討する必要があるだろう。

3. アスファルト防水

3.1 歴史とその特徴

防水に使用された最初の材料は、天然アスファルトで、考古学者によれば、紀元前3800年古代メソポタミア文明において、防水材の他様々な用途に用いられた形跡があるという。古代のエジプトやインド等でも用いられたと言われるアスファルトは、数千年の歴史を有するものであるが、現在でも防水材料として無視できないばかりか中心的存在であるその所以は、単に入手し易く安価であるばかりではなく、防水材料として勝れた特性を有し、実績が絶大であることにある。

我国では、天然アスファルトの産出が皆無であったこともあり、防水材としてアスファルトが用いられたのは、今から約80年前、明治時代後半になってからのことである。一般に広まったのは、大正時代になってルーフィングの国内製造が始まってからであろうと思われる。

アスファルト防水と言え、これ迄、アスファルトルーフィングやアスファルトフェルト、網状ルーフィング等を芯材または、補強材として、熱溶融アスファルトを積層して防水層を形成するタイプのものを指して来た（図-3）。アスファルトには、ブローンアスファルトが用いられる。これは、原油の減圧残査を厳選し、これに250~300℃の空気を吹き込む（エアプロ

ーイング) ことにより、重縮合反応を起こさせたものであるが、感温性が小さく、耐候性、衝撃抵抗に強く、防水用に適した性状を有している。しかし、アスファルトが充分にその耐久性を保つためには、日光や外気から保護されていなければならないし、地下構造物の防水層においても、流動水やそれに含まれる空気は、炭素化合物の溶解や酸化作用を促進させることがあるため、直接地下水流に触れることは避けるように防護手段を構ずる必要がある。

現在アスファルト防水は、表－１のように３種類に大別される。

表－１ アスファルト防水の種類

No	工 法	構 成 材 料
1	アスファルト防水 熱 工 法 (ゴムアスファルト 熱工法含む)	●コンパウンドアスファルトまたはブ ローンアスファルト ●ルーフィング類 アスファルトフェルト アスファルトルーフィング 網状アスファルトルーフィング
2	アスファルト防水 常 温 工 法	シート型 合成繊維不織布またはプラス チックメッシュを芯材とする 改質アスファルトシート、自 着層または接着剤接着 塗膜型 ●天然アスファルト乳剤＋補 強布 ●ゴムアスファルト乳剤＋分 解剤 複合型 ●改質アスファルトルーフィ ング ●乳剤系または溶剤系アス ファルトコンパウンド
3	改質アスファルト ー チ 工 法	APPまたはSBS改質アスファルトル ーフィング

これらの中で、熱工法によるアスファルト防水は、各種の高分子系のシート防水や塗膜防水が開発される中で、建築分野においては、今なお、50%以上のシェアを占めているが、このような信頼を得て来た理由には次のようなことが考えられる。

それは、アスファルトと芯材を幾層にも重ね合せることによって十分な厚みが確保され、施工上生じる継手部や、下地面の不陸、汚れ、さらには、細かい施工ミス等、問題となる箇所の方を補ってしまうという、他には無い特徴を持っているからである。作業性が悪いとか、構築の変状に対する追従性が悪いとか、腕の良い技能工が少なくなって来たといった問題はあっても、未だ信頼性は高いと言って良いであろう。

3.2 ゴムアスファルトシートへの転換

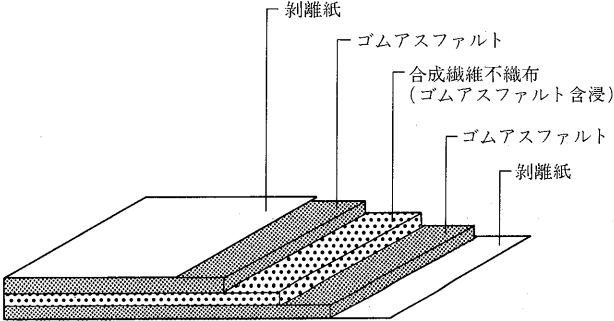
地下鉄や共同溝等の都市土木における防水現場では、熱溶融アスファルトの煙、臭気による公害問題や火気

の使用、高温溶融アスファルトの使用による危険性等が問題となり、10数年前、東京地区を始めとして、全国的にアスファルトの常温工法（接着工法）または、高分子シート防水工法に切り替って行くこととなった。

この切り替りの速さは、地下鉄工事等でアスファルトの溶解作業が公共の道路上でしかも、長期に亘って行われることが多く、周辺住民の抵抗が非常に強かったというのも主な理由の一つではなかったか。

とにかく、建築分野には見られない素早い対応であったように思われる。

アスファルト常温工法の場合、合成繊維不織布または、プラスチックメッシュなどを芯材とするゴムアスファルトの成形シートを用い、これに自着層を設けたり、接着剤によって貼り付けて行く方法となった(図－4)。



図－４ ゴムアスファルトシートの構成

ゴムアスファルトの一般的性質としては、温度依存性およびゴム弾性の性質に勝れ、したがって、防水材料として充分止水効果を期待し得る適度の粘弾性を有しているとされる。また、成形シートとしては、

- ① 加硫ゴムシートとアスファルトシートとの中間的性状を有する。
 - ② 加硫ゴムシートと比較して厚みが厚い。
- といった特徴を持っている。

ゴムアスファルトシートは、適度の応力緩和現象やクリープ現象を示すことから継手の信頼性は高いと考えられる。ただし、厚みが薄い場合には、下地の動きによって発生するせん断応力は大きくなり、必ずしも防水層としての信頼を期待できなくなるとされる。

因に、高分子シートの厚みの多くは、1～1.5mm程度であるのに対し、ゴムアスファルトシートの厚みは、通常3mm以上となっている。

このシートのうち、貼り付けを自着層だけに頼る場合、シート下面に空隙が残ることが多く、ふくれや剥離に繋がる虞れがあるため、プライマーだけではなく、

接着剤を用いたり、バーナーまたは、熱風を併用する方法が採られることがある。しかし、湿度が高く、時には、湿った下地面を相手にしなければならない地下構造物では、接着剤を用いることにも様々な問題がある。

例えば、溶剤型の接着剤の場合、多少の湿気下においても乾燥が比較的速く、接着力にも勝れているが、揮発性ガスによる作業環境の悪化は避けられず、換気には最大限の注意が必要である。また、エマルジョン型の場合、作業環境問題は少いとは言え、水分乾燥には多大の時間を要して施工性が悪く、しかも、再乳化の可能性もあることから、接着耐久性に不安が残ると言われる。

3.3 トーチ式防水工法

ゴムアスファルトの自着層面を熱風または、バーナーで炙りながら継手やコーナー等の接着を行う方法は、これ迄も補助的には取り入れられて来たが、アスファルトの改質材としてAPP（アタクチックポリプロピレン）または、SBS（スチレンブタジエンスチレン）を用い、低温から高温迄使用温度の範囲を広げると共に、1本または、複数の本格的バーナーを用いて加熱溶融し、接着して行く方法をトーチ式防水工法という。現在、イタリア、フランスを中心とした西ヨーロッパにおいては、アスファルト防水工法の主流を成すに至っている。

このトーチ工法については、建築分野において、我国でもすでにかなり実績を上げているが、1991年に“改質アスファルトルーフィングシート”のJIS案が示され、その中で他のゴムアスファルトシートを含む改質アスファルトについても規格化されることになり、トーチ工法を中心にこの種のシート工法は、一層一般化の速度を上げる気配である。

しかしながら、地下での防水用としてトーチ工法が適用可能かどうかについては、下記のような問題を充

分に検討した上で判断すべきであろう。

- ① 狭い場所でのバーナーの取扱いは危険を伴い、また、酸欠に対する配慮も必要となる。
- ② シートが厚く重いため、側壁部への貼り付け作業は、人力では無理がある。
- ③ 地下防水は、連続的作業とは限らず、機械化必ずしも効率的とは言えない。

地下構築内での防水作業は、効率が悪くまた、地上に比べ暗く安全性も高いとは言い難い。それだけに、より簡便で効率が良く、確実な防水効果を上げ得る工法が望まれており、本トーチ工法についても、その特徴を理解し、現場の実情に合致した機械化を図るなど、施工条件によっては、何らかの形で適用を検討すべき時期に来ていると思われる。

3.4 吹付け工法

以前ヨーロッパにおいて、250℃の加熱溶融アスファルトをトンネル内の岩盤に吹付けた例があり、安全性や施工性等問題が多く一般化されなかったと言われる。これに対し、常温のアスファルトすなわち、アスファルト乳剤にゴムラテックス（SBR、クロロブレン等）を加えたゴムアスファルト乳剤に電解質水溶液（分解剤）を吹付け混合させる、所謂ゴムアス吹付け工法（図-5）は、20数年前装置と共にドイツから我国に技術導入され、国内で製品化されることによって、主に土木構造物の防水工法として用いられるようになった。吹付け工法の特徴は、次のようなものである。

- ① 火気、溶剤は不要で、安全である。
- ② 施工性に勝れている。
- ③ 継手部分が弱点となる心配はない。
- ④ 吹付け後瞬時に分解し、1回の吹付けで厚い防水層が形成される。

しかし、ゴムアス粒子の飛散により周辺が汚れ易いこと、厚みの管理が難しいこと、低温（5℃以下）時には施工ができないこと等欠点もあり、施工条件を充

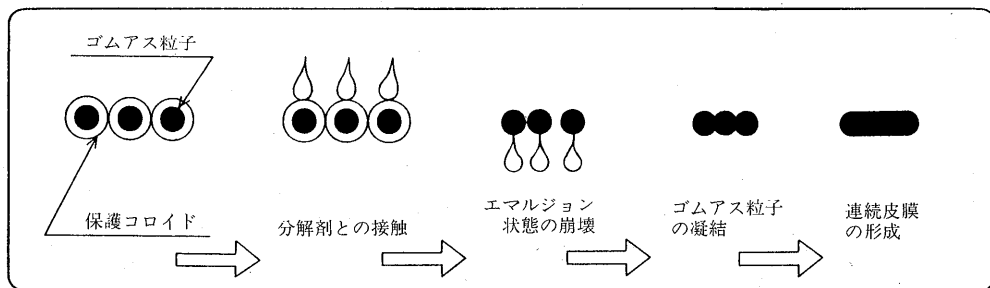
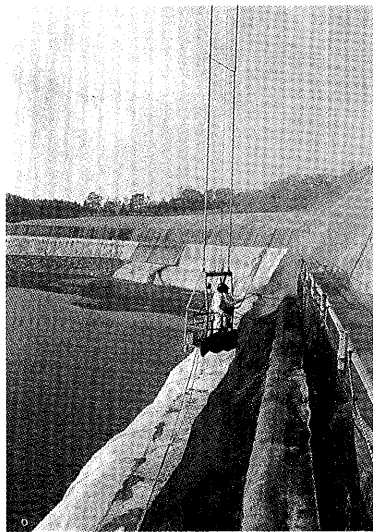


図-5 ゴムアス吹付け防水の原理

分検討した上で採用すべきであろう。

一方、この吹付け工法は、最近、ダム（写真－１）の岩盤部や廃棄物処理場の防水用として実績も出て来ており、アスファルト乳剤自体の品質の改善や不織布との組合せによる複合的な使い方の開発、吹付装置の選択等、様々な角度からの検討が行われるようになり、用途は更に広がるものと考えられる。



写真－１ ダムにおけるゴムアス吹付け工事の例

3.5 新しい動きと今後の課題

土木と建築とでは、防水の目的が若干異なることがあるとは言え、その重要性については変えることはないはずである。しかし、施工環境の悪さや補修作業の難しさという点で地下構造物の防水は厳しい状況に置かれていると言って良く、それが理由か、漏水も已む無し、したがって、保証期間は設けられない等、本来の防水施工にあるまじき一種の諦めが一部には窺える。この

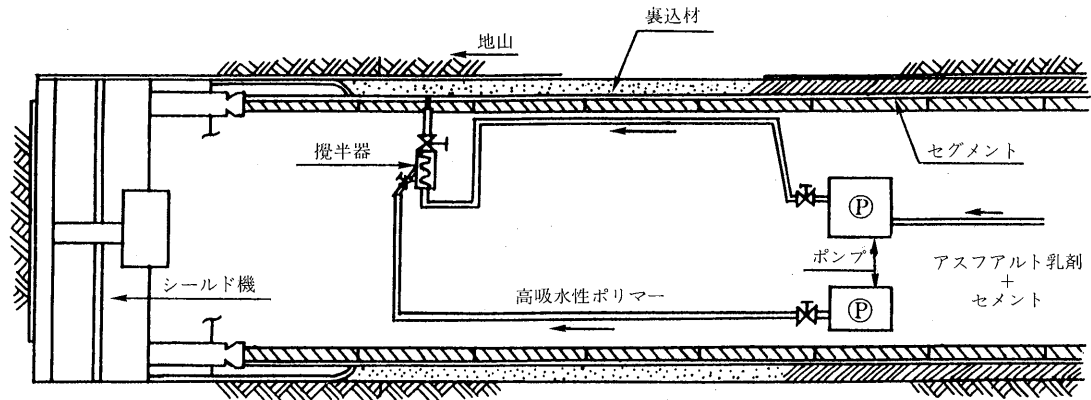
ような状況の中では、建築分野におけるように新しい材料、新しい工法が一向に開発されないか、されても定着するには至らないことが多く残念なことである。とは言っても、最近、少しずつ新規の開発や改良改善が行われる傾向も見られるので、その中から２～３アスファルトに絡む技術について紹介したい。

前述したように、継手のないという特徴を強みとするゴムアスファルト乳剤による吹付け工法は、成形シートにはない長所を持っているが、これも乳剤特有の分解、脱水という反応に伴って起こる強い凝集力により、下地条件によっては被膜に亀裂を発生させることがある。そこで、幾分反応速度を下げた緩結型ゴムアスファルト乳剤を用い、これに不織布を組み合わせることで、面倒な下地の不陸整正の手間を省くことを狙ったもので、廃棄物処理場やダム等の遮水用に考案された工法もある。

また、緩結型ゴムアスファルト乳剤に無機質の水硬性粉体を混ぜ合わせることで、乳剤中の水分をこの粉体に吸着および反応させ（図－６）、凝集による問題を解決すると同時に滑らかな被膜を形成させるというタイプのものもある。これは、吹付け、ハケ塗りどちらも可能で、湿気下地面に対しても瞬結タイプのものに比べ好結果が得られるようである。

さらに、加熱アスファルトコンパウンドに合成ゴムを混合して固形分を100%としたものや常温溶解型アスファルトに合成ゴムを混合したもの等、吹付け施工が可能なタイプでかつ、従来の乳剤タイプの持つ欠点を除いたもの等、アスファルト系にも様々なタイプのものが開発されている。

一方、在来の熱アスファルト防水工法の特徴であるアスファルトとルーフィングとを重ね合わせるという考え方を取り入れ、ゴムシートやゴムアシートと高分



図－６ 1液タイプのゴムアス吹付け防水の原理

子系塗膜防水とを組み合わせることによって、それぞれ単独で用いる方法を飛躍的にグレードアップしようという、所謂複合工法が最近、地下の重要構造物等に対し用いられて来ている。

ここ迄、主に開削工法による地下構造物およびダム等の土構造を念頭に説明してきたが、シールドトンネルにおいて、その防水をコーキング材だけに頼らず、通常用いられているセメントを主体とする裏込材に替え、アスファルト乳剤を主材料とした防水性に富む新材料を注入するという研究結果を紹介する(図-7)。この材料は、ノニオン系のアスファルト乳剤にセメント系の水硬性粉体を混入し、注入直前にさらに高吸水性ポリマーを混入して注入するとされている。

もちろん、常温であり、地下水に希釈されず、しか

も体積収縮を起こさずに硬化すると言われ、シールドトンネルの防水および漏水対策として注目したい。

今後、地下の構造物が、一層深く大規模になって行くとするれば、防水の重要性はさらに大きくなることは必定である。専門の施工会社を初め、関係の方々にはこの重要性を今一度認識し直して、施工管理の徹底や施工環境の改善に真剣に取り組んで頂き、それと共に工法や材料の開発、さらには、性能評価といった面についても目を向けられんことを期待してやまない。

最後に、本文は、拙い経験しか持ち合せていない筆者が、身近な資料と怪しげな記憶を元に物したもので、思い違い等が多々あろうかと思われます。御指摘願えれば幸いに存じます。

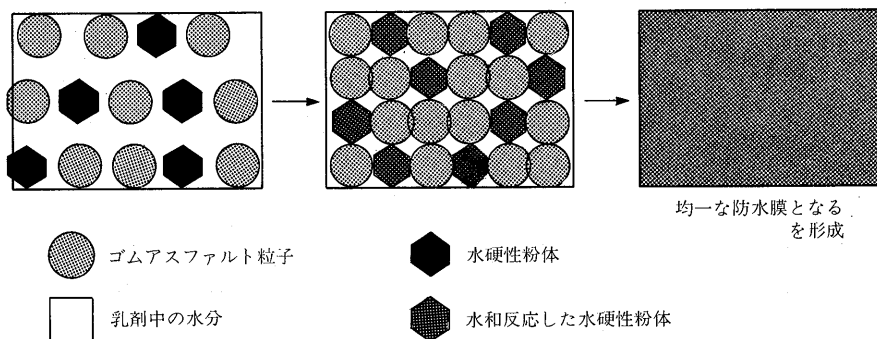


図-7 アスファルト系裏込材の施工システム

参考文献

- 1) 吉田勉雄：土木における防水工法の展望，土木防水の総点検，1978.5，P3，
- 2) 防水工法編集委員会：防水工法事典，産業調査会，1984，2，P251，P337，P449，P463，P466，
- 3) 長田雅夫：特集複合防水機能向上への期待，防水ジャーナル，1987，8，P40，
- 4) 防水ジャーナル編集部：アスファルト防水工法の今後，防水ジャーナル，1987，11，P45，
- 5) 立石俊一：土木構造物の分類と土木防水の課題，防水ジャーナル，1990，11，P43，
- 6) 松本洋一：改質アスファルト見聞記，防水ジャーナル，1990，5，P151，
- 7) 小池勉夫：JISA6013，改質アスファルトルーフィングシート制定の経緯，防水ジャーナル，1991，11，P43，
- 8) 鹿島建設(株)他：特許公報，1987，9，26，(昭62-45366)
- 9) 奥村組，北海道大学共同研究グループ：技術レポート，防水ジャーナル，1990，5，P170，

☆

☆

アスファルトマスチックを用いた連続止水壁工法と 空隙入りアスファルトマスチックについて

建 部 英 博*

1. はじめに

アースダムやロックフィルダムは透水性の基礎地盤上に建設されることもあり、また左右の両岸地山部に透水性地盤を含む場所にも建設されることがある。このような場合、基礎地盤あるいは両岸の透水性地盤中に連続止水壁を設けられることが多い。

止水壁には従来粘土材料やセメントコンクリート等が多く用いられていた。粘土系材料はその使用実績も多く古くから利用されていたが、水に浸食され易く、最近ではダムサイト付近から良質な粘土を入手するのも困難なことが多い。セメントコンクリート系の止水壁に関しては、止水壁周辺の不等沈下による応力集中や地震時には周囲との剛性の違いから土の緩みが生じたり、壁に亀裂が発生し止水壁の役目を果たさなくなる等多くの弱点が指摘されている。このため最近では特別な場合を除いてはセメントコンクリートを使用することは少なくなってきている。これに対し、アスファルトマスチックはセメントコンクリートと比較して、水密性、可撓性、自癒性に富み、耐久性、耐酸、耐アルカリ性の性質を持ち剛性も小さく、配合により剛性を変化させることも可能で止水壁材料として注目されるようになってきている。アスファルトマスチックを利用した連続止水壁工は、三重県山村ダム、愛知県佐布里ダム、前山ダムで施工され成功をおさめた例はすでに本誌160号（平成元年7月）で簡単に紹介した。

本文では主に前山ダムを例に取り、止水壁の設計と施工に関し主に実務的な面について報告すると同時に、より経済的な工法を開発するため、空隙入りアスファルトマスチックについて検討を加えた。

2. 止水壁の設計と施工

2.1 トレンチの掘削

上記3つのダムの連続止水壁は山村ダムで平均深さ $H = 8\text{ m}$ 、延長 $L = 247\text{ m}$ 、佐布里ダムは $H = 17\text{ m}$ 、 $L =$

249m、前山ダムは $H = 20\text{ m}$ （最大深さ25m）の工事であったが、山村ダム以外は地下水位が存在し、水中掘削を予儀なくされた。トレンチの巾は剛性の異なる材料が地中に入ることから出来るかぎり狭い方が好ましいと考えられる。しかし掘削深さが25mにも達することやN値が50～100の固結シルトと砂層が互層になっている地山を掘削出来る事、このような条件で鉛直精度が良く、振動、衝撃によりトレンチの側壁が崩壊しない等の条件が要求される。種々検討の結果、BWロングウォールドリルを採用した。この掘削機は水中モーターを使い垂直多軸回転ビットを回転させて地盤を掘削し、ビット先端から掘削土砂を連続的に吸い上げることが出来る。この機械の最少掘削巾は43cmであったのでこの条件からトレンチ巾は43cmと決定した。尚掘削の垂直精度を上げるため、トレンチ上部にはガイドウォールを設置し、側壁崩壊を防ぐため掘削作業中からマスチック打設完了までベントナイト溶液をトレンチ内に満たした。その結果垂直精度は1/300程度を確保することが出来た。

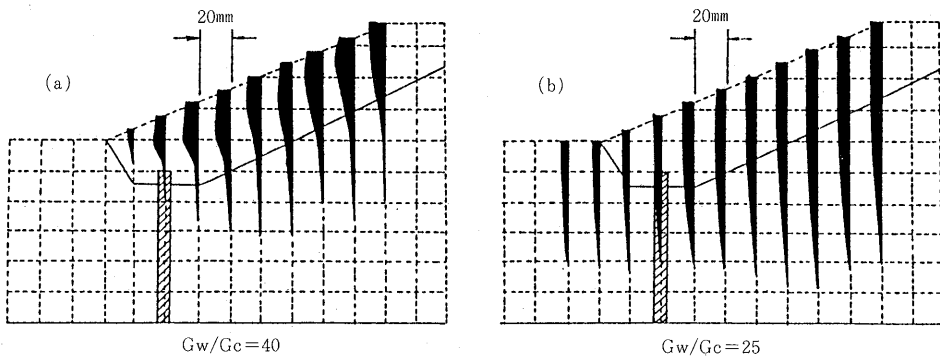
2.2 止水壁の設計条件

2.2.1 剛性の検討

アスファルトマスチックの物理的性質は通常温度により大きく変化する。しかし止水壁の場合、施工後は地中に没しているため温度変化の影響はほとんど受けず年間を通してほぼ一定の条件が保たれることになる。

堤体又は基礎地盤中に剛性が大きく異なる構造物が設置された場合、地震時にその振動挙動が複雑になることが指摘されている。このため堤体部分の剛性を一定とし、コア部分の剛性を G_c 、止水壁部分の剛性 G_w を種々に変化させた模型振動実験を行った。実験は G_w/G_c を10から100迄変化させ、振動数も変化させた。結果の一部を図-1に示す。図は加速度200gal振動数6Hzの時のものであり、(a)は G_w/G_c が40の時、(b)は G_w/G_c が25の時を示している。図から明らかな様に G_w

*たてべ ひでひろ 愛知工業大学土木工学科教授



加振加速度200gal, 6Hz

図-1 堤体の挙動

／ G_c が40程度になると止水壁付近でコアの側方変形に大きな食い違いが生じたり、堤体とコアの接合部で急激な変位が見受けられる。しかし(b)図の様に G_w ／ G_c が25の場合には、全体的に一体的に変形し、急激な変位の変化等は認められなかった。以上の観点からアスファルトマスチックの剛性は基礎地盤の剛性の25倍以内になる様に決定する。

前山ダムの場合、多少安全側を見て地下水の温度の最低値として10℃を想定し、又アスファルトの溶出等を考慮した場合は20℃と想定し、三軸圧縮試験による静的弾性係数はそれぞれの温度で800kgf/cm²以下100kgf/cm²以上と決定した。地震時を考慮した場合は振動三軸圧縮試験において地盤の破壊に近いと考えられる 2×10^{-2} 程度のせん断ひずみを受けた時の動弾性係数は1950kgf/cm²以下となる様にマスチックの配合を決定した。図-2に一例としてアスファルト量の違いによる静的弾性

係数を示す。

2.2.2 流動性と透水係数の確保

アスファルトマスチックの打設はトレミー管を通してトレンチ内に流下させるが、トレンチ内には側壁崩壊を防ぐためベントナイト溶液が満たされている。トレンチの1スパンは5～7m程度あり、このような条件の下でマスチック材料を均一に広げなければならない。このためにはマスチック材料の粘性は1,000ポアーズ以下にする必要がある。通常、砂、石粉、アスファルトでマスチックを作った場合、この粘性を確保するには打設温度は220℃以上とかなり高温な状態となる。水中施工を考えた場合、水にマスチック材料の大きな熱量が一気に移ると瞬間的に水が気化し水蒸気爆発を起こし、危険を伴うことが十分に考えられる。このため、施工温度は出来るだけ低温にすることが望ましい。パラフィンの混入は、粘性を確保するうえで非常に良い結果が得られた。マスチック材が1,000ポアーズ以下の粘性になる時の温度は、パラフィン混入量1%、2%、3.5%の時それぞれ175℃、160℃、125℃であった。

止水壁の条件として透水性も重要な要素である。計算によれば透水係数として $k = 4 \times 10^{-7}$ cm/sec程度が設計条件として要求されるが、透水試験結果によると、パラフィンを混入しない場合は $k = 5 \times 10^{-7} \sim 3 \times 10^{-6}$ cm/secしか得ることが出来なかった。しかしパラフィンを3.5%混入することにより $k = 5 \times 10^{-9} \sim 8 \times 10^{-8}$ 程度とかなり小さな透水係数を確保することが出来、パラフィンの混入は透水係数の低下にも十分貢献していることが判明した。

2.3 アスファルトマスチックの水中打設

2.3.1 トレミー管

水中打設はトレンチ内のベントナイト溶液中にトレミー管を挿入しマスチック材を流し込む工法である。

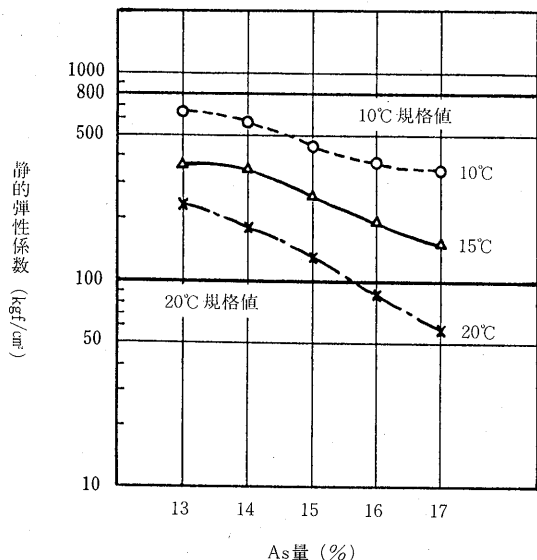


図-2 静的弾性係数試験結果

ここで一番重要なことは水がトレミー管内に逆流しないことである。もし逆流が起こると水蒸気爆発が発生し非常に危険を伴う。このためトレミー管の先端は、開閉式で完全に密封出来る構造でなくてはならない。(これが不十分で水蒸気爆発を起こした例は何度も経験している。)水中打設を最初に行う時あるいは打設中にマシチック材の補給が絶えた時は直ちにトレミー管の先端を密封する必要がある。水の浸入はトレミー管の継手から起こる場合もある。前山ダムではパッキンとして耐熱アスベストを使用した。

一方トレミー管の外周はベントナイト溶液に接しているため、水温によりマシチック材の温度低下も考えられる。これを防止するためにトレミー管は2重構造とし電熱ヒーターも内蔵させている。

2.3.2 水中打設

水中打設において最初に打設されたマシチック材は水と直接接してしまう。高温なマシチック材と水が接触すると沸騰が起こり空隙の大きなものとなる。このため水中打設では初期を除いて常にトレミー管の先端がマシチック材料の中にあるようにし、新たに打設されたマシチック材は水に接しない様にする必要がある。このためトレミー管の先端はマシチック材料の表面より約1m程度埋没させ連続打設を行った。その結果マシチックの打設面がベントナイト溶液を押し上げる形になり、止水壁の上部の一部を除いては水と接触することなく、結果的には空中施工と同じ条件で施工したことになる。

この方式で打設した際、トレンチ内の打設面の高さの測定を行った。トレミー管挿入位置であるトレンチ

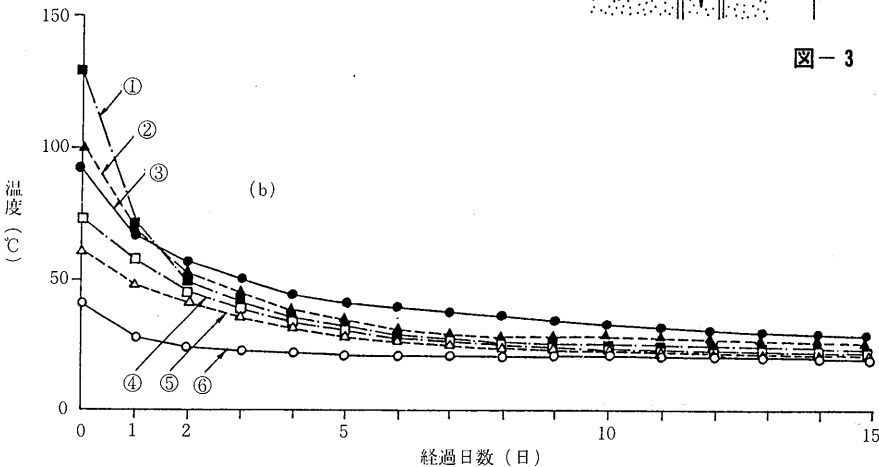


図-4 温度低下の様子

中央部と約2.5m離れたトレンチ端部の高さの差は、前山ダムの場合5～10cm程度であり流動勾配は1/50～1/25程度と非常に小さく、1,000ポアーズ程度の粘性であればほぼ水平状態で立ち上がってくると考えて良いと思われる。

2.3.3 止水壁の温度測定と温度低下に伴う沈下

前山ダムではマシチック打設中のトレンチ内の温度測定を行った。(図-3)図中の0から下は打設中に押し上げられた止水壁で、0点は水と接している面でその上はベントナイト溶液の部分である。これによると合材と水の接触面における水温は100℃をわずかに下まわっており、接触面より約10cm下の合材内部では打設時の温度にほぼ近い約140℃が保たれていた。これより約5～6cm上部では120℃～135℃の温度変化の繰返しが観測されている。このことは合材表面付近において常に対流が起きていることを意味する。一方、水温については打設面から約5cm上部で60～70℃の範囲で温度変化が起こり約10cm上部になると約20℃でそれ程顕著な温度変化は見られなかった。このことは当初心配された沸騰による材料分離は余り起こらないことを示している。

一方打設後の止水壁の温度低下の様子を図-4に示す。図は止水壁の深さ別に測定した結果を示している

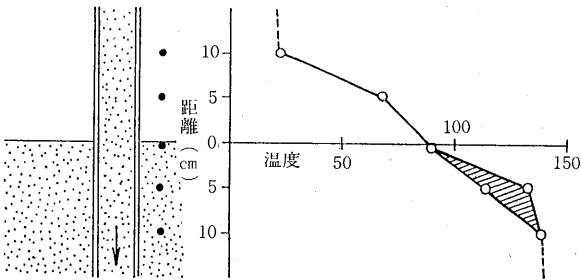
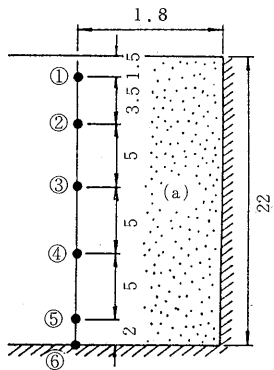


図-3 温度分布



が、止水壁の底部2m位までは比較的早く温度が下がり、初日で40～60℃程度まで温度低下が見られる。また上部では1～2日で大きく下がりその後の温度低下はゆるやかである。特に中央部では温度低下はかなりゆるやかである。ほぼ一定の温度になるには底部で約1週間、中央部で2～3週間程度要することが解る。このことから隣接スパンの掘削、打設はマスチック打設後約20日程度経過した後に行う必要がある。

2.3.4 止水壁の沈下と最終整形

マスチック材の打設後、温度の低下に伴い止水壁は収縮をはじめ、打設面に沈下が生じてくる。

アスファルトマスチックの熱膨張率は100℃の温度差で約4％程度である。又マスチック中に混入されている空隙量は常温で約3％程度であるので、この収縮を約2％見込むと冷却後の沈下は約6％と考えられた。しかし実際の沈下量の測定結果では、1週間後トレンチ深さ22～25mにおいて60～80cm程度であり、最終的には沈下率は3.5～3.8％に留まった。このためマスチックの打設面はあらかじめ4％程度の沈下量を見込み、高く施工しておく必要がある。又止水壁上部は沸騰により空隙が大きくなっているため、上部を約10cm削り取り整形し、完全な止水壁が完成する。

3. 空隙入りアスファルトマスチック

以上アスファルトマスチックによる連続止水壁の設計と施工について述べたが、マスチック材に使用されているパラフィン流動性は、透水性を確保する上では非常に重要な役割を果している。しかしパラフィンはかなり高価であり、今後より経済的な工法を考える必要がある。より経済性、安全性を考えた場合、一番有効な方法はトレンチの巾を狭くすることである。しかしより巾の狭いトレンチの側壁を崩壊させずに25m以上深くまで掘削可能な機械は現在見当たらない。

材料費を節約する方法の1つとして、トレンチ内にあらかじめ価格の安い骨材を投入しておき、アスファルトマスチックを流し込む、いわゆるプレバクトアスファルトコンクリート工法も考えられる。しかし水密性を確保するためには骨材間の空隙をマスチック材で十分に満たす必要があり、材料分離を起こさず、より流動性の良いマスチック材が要求される。また骨材表面に水分が付着している場合には、アスファルトとの接着を防げることもなり、水中施工の場合にはこの工法は適さないと考えられる。そこで今回は、透水性に影響を及ぼさない程度にアスファルトマスチック中

に微細な気泡を作り、その空隙分だけ材料費を節約しようと考えた。

3.1 反応による空隙の増加

マスチック材料にはフィラーとして石粉が含まれている。この石粉には通常石灰岩の粉末が用いられている。本文ではこの石粉と化学反応等を起こさせ気体を発生させようと考えたものである。反応時間が余り早い場合には空隙がマスチック材に残留せず蒸発してしまう。このため反応が出来るだけ遅くなる材料を選んだ。

硫酸は石灰と反応し二酸化炭素の気体を発生する。また炭酸水素ナトリウム（重曹）は熱に反応し二酸化炭素の気体を発出することが出来る。ここではこの両方を利用し、どの程度の空隙がマスチック材に残留するかを検討した。マスチック材の配合は前山ダムで使用されたものと同一とし、重曹は骨材混合時に、硫酸はアスファルトと骨材を混合した後に投入し機械練りを行い供試体を作製した。結果の一部を図-5に示すが、空隙にはある程度のばらつきが生じているが、重曹だけでは空隙に余り影響を与えないが、硫酸、重曹を併用するとその効果は大きくなり、両者とも混入率を増加すればする程空隙は大きくなる。

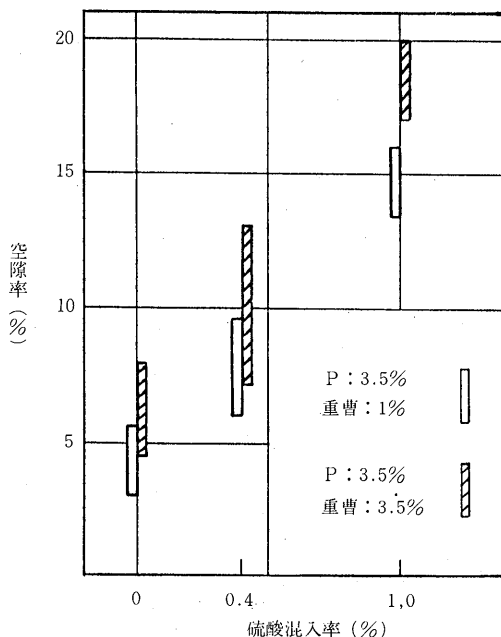


図-5 硫酸混入率～空隙率

3.2 透水係数

空隙率が多くなると当然透水性も大きくなり止水壁の役割を果たさなくなる事が予想されるため、空隙入

りマスチック材の透水試験を行った。図-6に透水試験の結果を示すが、重曹や硫酸の量を種々変化させ空隙と透水係数の関係をパラフィン混入0%の場合と3.5%の場合に大別して示してある。これによれば空隙の増加に伴い透水係数は大きくなる傾向は示しているものの、同一の空隙であっても、パラフィン3.5%混入の場合は、混入なしの場合と比較して透水係数は約1/100程度になっており、パラフィンが透水係数の低下に大きく貢献していることが明らかである。そして空隙が15%を越しても 10^{-8} 程度の透水係数を確保することが可能である。

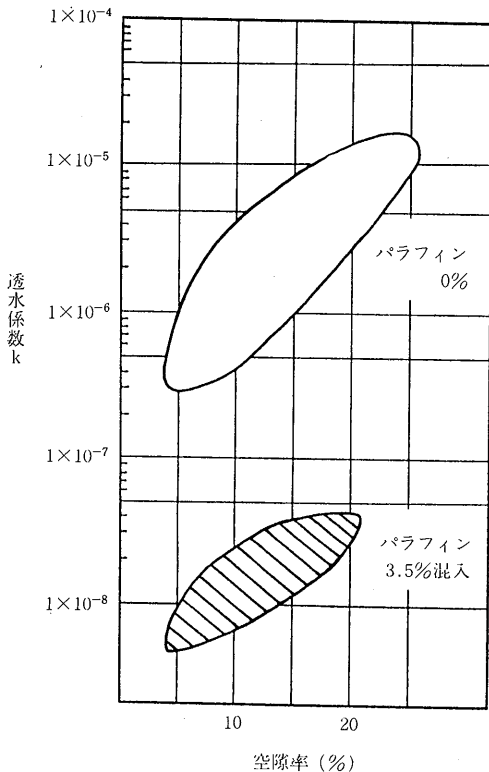


図-6 透水係数～空隙率

3.3 流動性及び剛性

先に述べた様に、水中打設において止水壁がトレンチ内をほぼ水平に立ち上ってくるためにはマスチック材の粘性は1,000ポアーズ以下である事が要求されている。硫酸や重曹の混入により粘性に影響を与えるのか否かについて検討を行った。粘性試験はシェル式粘度計を用い、マスチック材料の温度を変化させて行った。その結果、重曹や硫酸の混入による粘性への影響度は多少ではあるが、重曹を増加させると粘性は小さくなり硫酸を増加させると大きくなる傾向が見受けられた

が、全体的に及ぼす影響は余りないものと判断出来る。粘性への影響は大半パラフィン量で決定され、1,000ポアーズ以下の粘性を得るための空隙入りマスチック合材の温度はパラフィン量3.5%、2.5%でそれぞれ120℃、150℃以上の温度となり、水中施工において何等影響のないことが判明した。

空隙入りマスチック材の剛性に関しても三軸圧縮試験により静弾性係数、動弾性係数を求めてみた。その結果、静弾性係数 E_s は15℃、20℃でそれぞれ $E_s=390 \text{ kgf/cm}^2$ 、 250 kg/cm^2 が得られ実用上問題がない事も判明した。動弾性係数 E_d の値はせん断ひずみの増加に伴って減少するが、前山ダムの設計規準 $E_d=1950 \text{ kgf/cm}^2$ に対するせん断ひずみは $\gamma=1.6 \times 10^{-2}$ に対し空隙入りマスチックの場合は 1950 kgf/cm^2 の時のせん断ひずみは $\gamma=10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$ となり $E_d < 1950 \text{ kgf/cm}^2$ を満足することが確認出来た。

4. まとめ

以上アスファルトマスチックの連続止水壁の水中施工に関し、前山ダムの施工例を中心に述べたが、この工法によれば、水中においても空中施工と同様な結果を得る事が出来、コンクリートの欠点を補う事が出来る事を立証した。今後、アスファルトマスチックの特性である変形に対する追従性や水中での無公害性等の特徴を活かし、新設ダムの建設や老朽貯水池の補修等この種の止水壁の建設が益々盛んになると思われる。

又より経済性を追求する意味で空隙入りマスチック工法の考え方を提案したが、空隙15%以上であっても透水性、施工性、剛性等要求される全ての要件を満たす事が出来た。今後さらに反応材料を吟味することにより、より経済的な止水壁が可能であると考えられる。

— 参考文献 —

- 1) 大根義男他、剛性の異なる止水壁を有するアースダムの振動実験、第7回土質工学研究発表会、1972
- 2) 大根義雄他、愛知県佐布里池山保護工事、土木施工、昭和59年11月
- 3) 建部英博、アスファルトマスチックを用いた連続止水壁工について、アスファルト160号、平成元年7月
- 4) Ohne・Tatebe・Narita Akutsu・Okayama, Design and Construction of Asphalt Mixture Cut off Wall, 15th International Congress on Large Dams Vol.1, 1988

木造住宅用床防音材

米 田 憲 夫*

1. はじめに

昨今の住宅の高級化、高機能化の動きの中で、防音についての関心が高まってきている。

従来住宅の防音というと、ピアノ室を防音室としたい、防音されたオーディオルームを作りたいなど、どちらかというと特殊な用途に需要が限定されていた。しかし、マンションの上階からの音（子供の走り回る音、硬いものを落した時の音など）が社会問題となるまでに至り、日常的に発生する音をいかに防ぎ、いかににより快適な生活をおくるか、もしくは、他人（マンションの場合には、両隣、上下階の住人）に対し、必要以上に遠慮せずに生活できるか、という日常生活レベルでの防音に力点が置かれるようになってきた。

マンションに端を発した、この日常住環境における音の問題は、それはマンションだけが持つ問題ではなく、一般のアパート、戸建住宅（木造住宅）にもあてはまり、しかもその問題の程度は、実は構造上の制約によりマンションよりも深刻なものである。大手プレハブメーカーを筆頭として、建設・施工側は木造住宅、プレハブ住宅にも、階上からの音対策、すなわち、床の遮音性能の向上は避けて通れない課題として認識されるようになってきた。この木造住宅の床防音材としてコスモアスファルト^(株)と日本鋼管^(株)との共同で開発したアスファルト系木造住宅用防音材について述べる。

2. 住宅の階上からの音

2.1 住宅の階上からの音は、下記の2つに分けられる。

(1) 空気伝播音

人の話し声、ピアノの音、オーディオの音など、空気を媒質として伝播する音。

(2) 固体伝播音

歩きまわる音、飛び跳ねる音、硬い物を床に落とした時の音など、固体を媒質として伝播する「床衝撃音」。

この床衝撃音は、さらに2つに分けられる。

①重量衝撃音

歩き回る、飛び跳ねる音など、重量があり柔かい衝撃。

②軽量衝撃音

金属物、ナイフ、フォークなど、軽量で硬い衝撃。

なお、これらの音を防ぐ側面から見ると、空気伝播音に対しては「遮音」と「吸音」が対策であり、固体伝播に対しては、「制振」と「防振」が対策となる。

2.2 床の遮音性能の測定と評価

実際の住宅における床の遮音性能の測定と評価は、JISに規定されており、以下の通りである。

(1) 床衝撃音遮断性能測定

測定方法は、JIS A 1418「床衝撃音レベルの測定方法」規定されており、概略以下の方法で行う。

①重量衝撃音

質量約7kg、空気圧1.5kgの軽自動車用タイヤを0.8～1mの高さから自由落下させる。

②軽量衝撃音

直径3cm、質量500gの円筒形の鋼製ハンマーを10cm間隔に5個、4cmの高さから自由落下させる。

(2) その評価方法

評価方法は、JIS A 1419「建物のしゃ音等級」に規定されており各周波数帯域の測定値が、ある基準曲線を超えて下回る時に、その最小の基準曲線の呼び方によってそれぞれの衝撃音に対する遮音等級を表し、(L-○○)と表示する。(図-1参照)

(3) 室間音圧レベル差測定(遮音)

測定方法は、JIS A 1417で規定されており、一方の部屋を音源室、他方を受音室とし、音源室において雑音発生器より125Hz～4,000Hzの間の6周波数の雑音を発生し、音源室と受音室において、その音圧レベルを測定し、その差を求める。

(4) その評価方法

評価方法は、JIS A 1419に規定されており、各周波数における音圧レベル差の測定値が、ある基準曲線を

*よねだ のりお コスモアスファルト^(株)産業資材部主事

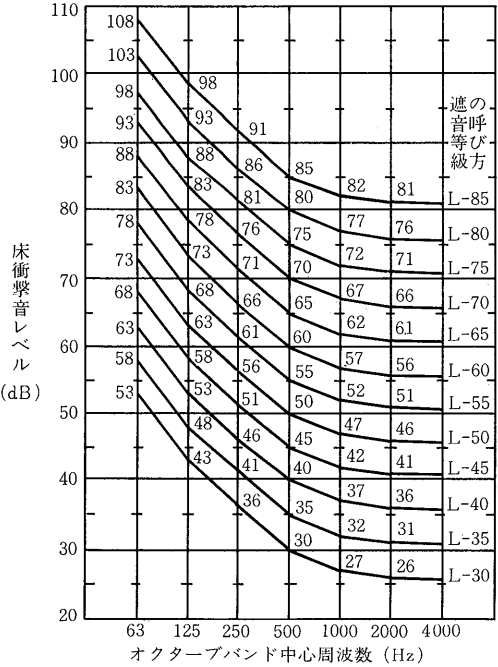


図-1 音響透過損失

3. アスファルト系木造住宅用床防音材

3.1 制振・遮音のメカニズム

一般的に音を防ぐ、もしくは遮る意味を表す言葉として、防音を用いるが、防音とは「制振」「遮音」「防振」「吸音」の4機能の総称であり、アスファルト系木造住宅用床防音材はこの4機能のうちの「制振」「遮音」の2機能を持つ。その制振・遮音の理論解析を以下に記す。

- (1) 特殊スラグとアスファルトの間で界面摩擦が生じる。
- (2) 特殊スラグの中空部分がアスファルトに対して緩衝効果を持つ。
- (3) 特殊スラグ同志間で接触摩擦が生じる。
- (4) 外力によって見かけ粘度が上昇するダイラタンシー効果が発揮されて、とくに従来困難であった低周波振動の制振に対しても効果がある。
- (5) 特殊スラグは中空部分があるため弾性を持っており、このため特殊スラグとアスファルトの内部動歪が増加し、音響的エネルギーが吸収されて高周波の制振に対しても効果がある。
- (6) 特殊スラグの混入によってアスファルトの見かけ上の動的剛性が高くなって遮音性能が向上する。

3.2 アスファルト系床防音材の形状および内容

アスファルト系床防音材は、「比重の大きい転炉スラグ等をアスファルトで混練して板状に成形し、表面にポリエステル不織布を装着したマット状」のものである。

なお、上記以外でも原料としてゴムアスファルト、表裏面にガラスクロス、アルミ箔、塩ビシート、PEクロス等を使用したものもある。

アスファルト系床防音材の一例を表-1、2に示す。

表-1 仕様

厚さ	4 mm	8 mm
サイズ	910×910	910×910
重さ	7.6kg	5.2kg

表-2 物性値

項目	数値	備考
比重	2.3	JIS K6350
引張強度	12Kgf/cm ²	20℃ JIS A6006に準ずる
硬さ	87	SRIS 0101スプリング硬さ試験
比熱	0.86J/g℃	PSC法
ガス有害性試験	合格	昭和54年建設省告示第1231号の第4に規定するガス有害性試験
燃焼性試験	V-O適合	UL94-V
圧縮グリープ	1.7%	25℃ 5000kg/m ² ×2000hrs

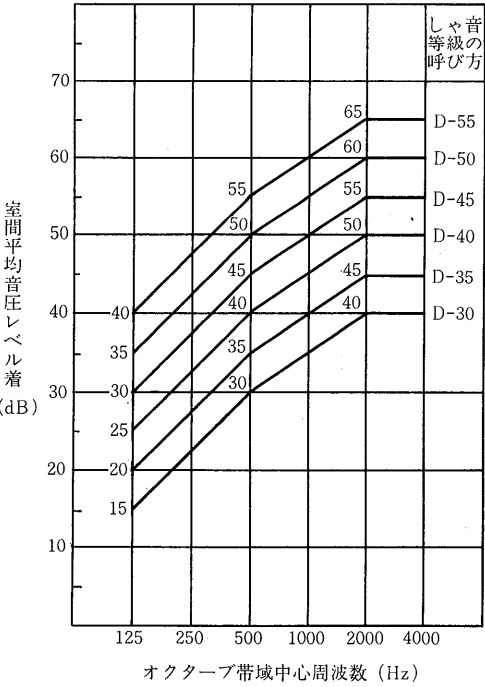


図-2 室間平均音圧レベル差に関するしゃ音等級の基準周波数特性とその呼び方

3.3 制振・遮音性能

試験室における制振性能と遮音性能を以下に示す。

(1) 損失係数試験（制振性能）

- ①試験試料………厚さ1.6mmの鋼板に厚さ4mmのアスファルト系床防音材を接着。
- ②測定結果は、表-3の通りである。

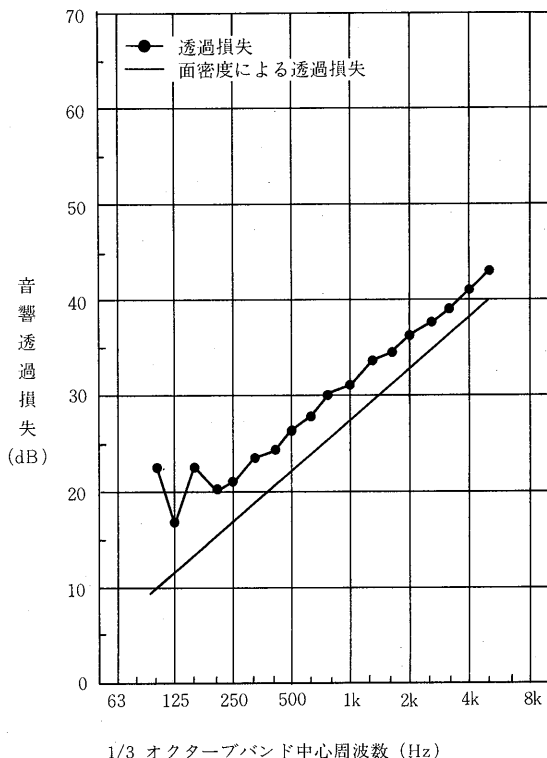
表-3 測定結果

周波数	曲げ剛性(Nm)	損失係数
113	89	0.08
627	93	0.11
1550	93	0.10

(試験機関 東京都立工業技術センター)

(2) 音響透過損失（遮音性能）

- ①試験試料………厚さ4mmのアスファルト系床防音材。
- ②測定結果は図-3の通りである。



1/3 オクターブバンド中心周波数 (Hz)

図-3 室間平均音圧レベル差

4. アスファルト系床防音材の現場での性能

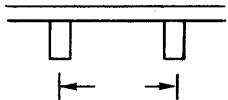
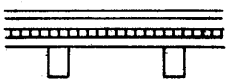
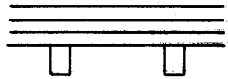
3.3においてアスファルト系床防音材の実験室における基本性能を記したが、ここでは、実際の住宅に使用した場合の性能を記す。

表-4は、鉄骨プレハブ住宅における性能であり、厚さ8mmのアスファルト系床防音材を使用した場合、重量衝撃音L-65、軽量衝撃音L-60が得られた。又厚さ4mmの場合、それぞれL-70、L-65が得られ、基礎床に対する改善量では、重量衝撃音が1～2ランク

クの改善、軽量衝撃音が2～3ランクの改善が得られた。アスファルト系床防音材の厚さによる性能差は、厚さ8mmのものが1ランク優った。

表-5は、ツーバイフォー住宅におけるものであり、重量衝撃音L-65、軽量衝撃音 L-70であった。基

表-4 鉄骨プレハブ住宅におけるアスファルト系木造住宅用防音材の遮音効果

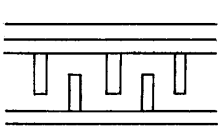
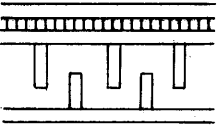
構		成		厚mm	Hz	重 量 床 衝 撃 音								軽 量 床 衝 撃 音											
						63	125	250	500	1K	2K	4K	AP	判定	63	125	250	500	1K	2K	4K	AP	判定		
A		バーチ	15mm	測定値	99	85	79	73	67	57	46	106	L-75	75	79	81	76	70	57	40	84	L-75			
B		フローリング	9mm	測定値	89	75	69	63	58	49	-	103	L-65	70	68	66	60	52	39	-	78	L-60			
		バーチ	15mm																						
		サウント"シート" NK	8mm																						
		プラスターボード	15mm											対A改善量	10	10	10	10	9	8	-		4	5	11
C		バーチ	15mm	測定値	93	80	73	67	63	53	47	106	L-70	71	71	71	66	58	44	32	81	L-65			
		サウント"シート" NK	4mm																						
		バーチ	15mm											対A改善量	6	5	6	6	4	4	-1		0	4	8

注1) 測定はプレハブ住宅モデルハウス2階12畳で行った。

2) 打撃点は5ヵ所受音点は3ヵ所とした。

3) 社内測定

表－５ ２×４住宅におけるアスファルト系木造住宅用防音材の遮音効果

構		成	厚mm	Hz	重 量 床 衝 撃 音								軽 量 床 衝 撃 音									
					63	125	250	500	1K	2K	4K	AP	判定	63	120	250	500	1K	2K	4K	AP	判定
A		フローリング	13mm	測 定 値	99	82	74	68	62	63	62	111	L-75	74	79	88	80	70	58	52	88	L-80
		合 格	15mm																			
		プラスターボード	9mm																			
B		フローリング	13mm	測 定 値	89	74	66	60	55	49	44	101	L-65	70	73	74	72	61	51	46	79	L-70
		サウンド [®] シールド [®] NK	8mm																			
		合 格	15mm																			
		プラスターボード	9mm	対A改善量	10	8	8	8	7	14	18	10		4	6	7	8	9	7	6	9	

礎床に対する改善量では、重量・軽量衝撃音とも２ランクの改善が得られた。

また表－４、５以外の現場における測定においても概ね、L－60～L－70の性能を得ており、木造住宅の未対策床が一般的にL－75～L－85と言われていることと比較すると、良好な性能を得ている。

５．床衝撃音対策の現状

床衝撃音の対策は、前述した様にマンションの木質フローリングへの対応として講じられてきており、現在では、100種類以上の所謂「マンション用床防音材」が販売されている。その性能はL－45～50と高性能のものが一般的になりつつある。

一方、木造住宅への対策は、マンションに比べて遅れており、その商品は少なく、性能も２～３ランク落ちるのが現状である。

しかしこれは、その対策用の商品開発が遅れているのが主因ではなく、建物の構造上の制約である。すなわち、マンションなどのコンクリート住宅は床の厚みが150mm以上であれば、空気伝播音、重量衝撃音は問題とならず、「軽量衝撃音」だけが問題となり、その対

策だけで良いが、木造住宅の場合は、床の質量、剛性などがコンクリートに比べて著しく小さいため、「重量、軽量衝撃音」「空気伝播音」全ての音が問題となる。その難しさの一例を挙げると、マンション用の防音材は軽量衝撃音対策であるため、居住性能上許される限度まで柔らかい素材を使って対策すれば良いが、床の質量、剛性が小さい木造住宅の床に同じ対策をすると、軽量衝撃音は良くなるが、重量衝撃音は悪い方へ影響が出る。

このような構造上の制約の中で、各大手プレハブメーカー、建材メーカーなどが、種々の対策、商品開発を行っているが、現状では床衝撃音遮断性能L－60～65、空間音圧レベル差D－35が最高レベルであると言える。

この性能レベルを表－６～９に当てはめると床衝撃音レベルも空間音圧レベル差も２～３級であり、決して満足できる性能になっていない。

特殊用途ではなく、日常生活レベルでの防音を考えた場合、当然コストは限度があり、その中でより以上の性能を得るためには、今後、建築分野と音響分野双方のより一層の協力により成し遂げらねばならない。

表－６ 評価尺度と住宅における生活実感との対応の例

遮音等設		L-30	L-35	L-40	L-45	L-50	L-55	L-60	L-65	L-70	L-75	L-80	備 考
床 衝 撃 音	走回り、足音など	ほとんど聞こえない	静かなとき聞える	遠くから聞える感じ	聞えるが気にならない	ほとんど気にならない	少し気になる	やや気になる	よく聞える	大変よく聞える	大変うるさい	うるさくて我慢できない	低音域の音、タイヤの値
	椅子、物の落下音など	全く聞えない	まず聞えない	ほとんど聞えない	サンダル音は聞える	ナイフなどは聞える	スリッパでも聞える	はしを落とすと聞える	10円玉で聞える	1円玉でも聞える	同 上	同 上	高音域の音、タッピングの値
	その他の例	子供が大暴れしてもよい	多少とびはねてもよい	気がれなく生活できる	少し気をつける	やや注意して生活する	注意すれば問題ない	お互いに我慢できる限度	子供がいれば文句がでる	子供がいても上が気になる	注意していても文句がくる	忍者的生活が必要	タイヤ、タッピングともに合格のとき

表－7 適用等級の意味

特級（特別）	学会特別仕様	遮音性能上非常に優れている	特別に遮音性能が要求される使用状態の場合に適用する
1級（標準）	学会推奨標準	遮音性能上好ましい	通常の使用状態で使用者からの苦情がほとんど出ず遮音性能上の支障が生じない
2級（許容）	学会許容基準	遮音性能上ほぼ満足しうる	遮音性能上の支障が生じることもあるがほぼ満足しうる
3級（最低限）	—	遮音性能上最低限度である	使用者からの苦情が出る確率が高いが社会的、経済的制約などで許容される場合がある

表－8 室間平均音圧レベル差に関する適用等級

建築物	室用途	部 位	適 用 等 級			
			特 級 (特別仕様)	1 級 (標 準)	2 級 (許 容)	3 級 (最 低 限)
集合住宅	居 室	隣戸間界壁 " 界床	D-55	D-50	D-45	D-40
ホ テ ル	客 室	客室間界壁 " 界床	D-50	D-45	D-40	D-35
事 務 所	業務上プライバシーを要求される室	室間仕切壁 テナント間界壁	D-50	D-45	D-40	D-35
学 校	普通教室室	室間仕切壁	D-45	D-40	D-35	D-35 30
病 院	病室(個室)	"	D-50	D-45	D-40	D-35
戸建住宅	プライバシーを要求される場合の寝室・個室など	自宅内間仕切壁	D-45	D-40	D-35	D-30

表－9 床衝撃音レベルに関する適用等級

建築物	室用途	部 位	特 級	1 級	2 級	3 級
集合住宅	居 室	隣戸間界床	L-40 L-45*	L-45 L-50*	L-50,55	L-60
ホ テ ル	客 室	客室間界床	L-40 L-45*	L-45 L-50*	L-50 L-55*	L-55 L-60*
学 校	普通教室	教室間界床	L-50	L-55	L-60	L-65
戸建住宅	居 室	同一住宅内 2 階 床	L-45,50	L-55,60	L-65 L-70*	L-70 L-75*

(注)原則として軽量、重量両衝撃源に対して適用。ただし*印は重量衝撃源のみに適用。

—— 参考文献 ——

- 1) 木村 翔：床遮音の現状と今後の動向
建築技術No.435 P100
- 2) 井上勝夫：木質系床構造の床衝撃音対策
建築技術No.435 P151
- 3) コスモアスファルト(株), 日本鋼管：特許公開 63-013738 制振遮音シート
- 4) 日本鋼管(株)：特許公開 55-40303
風砕スラグを用いた付着製振材

☆

☆

ビル建設関連用途におけるアスファルトの応用

青 木 秀 樹*

近代産業の発展は、石油製品の開発の歴史であり、その歴史の中で、アスファルトは大きな役割を果たしてきました。

古くは旧約聖書の時代から、アスファルトの名前が出てきます。ノアの箱舟の防水に使われ、水路・住居の土石粘結材として使われたと伝えられるアスファルト。幾世紀もの昔から、アスファルトの特性が注目され、さまざまな用途に使用されてきた事実は、アスファルトビジネスに携わる私達に、今後の新用途開発、商品開発のヒントとロマンを提供してくれます。

アスファルトの持つ特性としては、粘弾性、防水性防錆、制振性、粘着性等、さまざまであります。

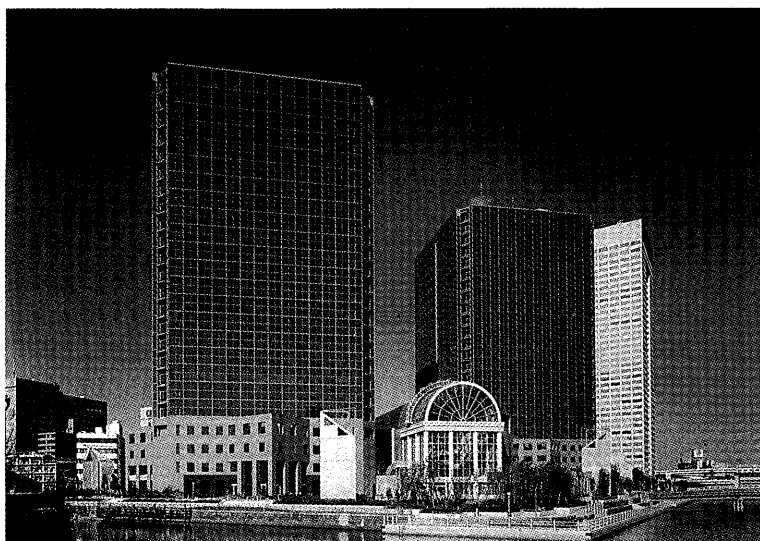
また、従来のストレートアスファルト、ブローンアスファルトだけではなく、最近ではポリマーによる改質アスファルト、またエマルジョン化したアスファルトに湿気硬化型ポリイソシアネートを反応硬化させるタイプの登場、そしてアスファルトに合成ゴムをブレンドし粘着力を強化して各種複合シートの粘着材とし

て使用されるケースと、アスファルト素材面での新技術、及びシステム面での新技術によって、その可能性はさらに広がっていくと考えられます。

ますます増える超高層ビルにも、防水材として使用されるアスファルトだけでなく、最近、制振構法用素材としても使用されています。

また、タイルカーペットのバックング材として使用されている樹脂入りアスファルトもあります。

そして、臨海地を埋立て、ビル建設する場合の基礎くいのネガティブフリクションカットを目的に使用される特殊アスファルトもあります。地盤沈下によってくいにネガティブフリクションが作用すると、くい体やくいの先端支持力の負担が大きくなります。負担が過大になると、くいの安全性がおびやかされ、その結果、建物全体が沈下したり、これが不同沈下になれば建物にも被害が生じることとなります。このネガティブフリクション低減にアスファルトの粘弾性が活かさ



高機能制振材を使用したシーバンス

*あおき ひでき 昭和シェル石油(株)アスファルト部販売課担当課長

れているのです。アスファルトを杭に塗布することによってネガティブフリクションをカットするという発想の原点は、1950年代のヨーロッパの鉱山にありました。

それは、鉱山のタテ抗用にシャフト（マインシャフト）を打ち込んでいた時に発生した事故から始まります。

採鉱の生産性を高めるために、タテ抗の真下の部分を採掘した時、シャフト周辺の地盤が沈下し、シャフトに摩擦力が作用してシャフトが座屈したり、高い応力が発生しての事故が続出したのであります。

ところが、防水の目的で外周にアスファルトを処理したシャフトには、その被害が出なかったのです。この事実に着目して、その当時、問題化され始めたネガティブフリクション低減技術への応用を考えたのがシェルグループ研究所(K.S.L.A)だったのです。1960年にこの研究開発に着手し、その後、アスファルトの力学挙動の理論解析や実杭によるアスファルトの剪断歪観測実験を経て設計方法や材質の研究が進められ、ロッテルダム市との共同研究を経て、現在のスリップレイヤー工法が完成したのであります。

杭が地中に打ち込まれるときには、アスファルトは衝撃的な力にさらされ、これに耐えなければなりません。アスファルトの特性である粘弾性は、衝撃のような短い時間に作用する力に対しては弾性体のように挙動するので、杭体に塗布されたアスファルトが、はがれたり、ずれたりすることはありません。

一方、ネガティブフリクションのように、ゆっくりと長期間にわたる力に対しては、粘性体として、挙動するので、塗布されたアスファルトは、地盤の沈下とともにずれ、杭自体へのネガティブフリクションが大幅に低減されるわけです。

アスファルトの特性がいかに発揮された興味深い事例のひとつであると思います。

また、最近注目されている新技術として、超高層ビルの制振構法にこの改質アスファルトが使用されています。

この構法は、鋼板と改質アスファルトをサンドイッチ状に組み入れた装置を小梁と建物内部のPC間仕切り壁にスライドするように取り付けるもので最大で約50%まで揺れを低減できると報告されています。

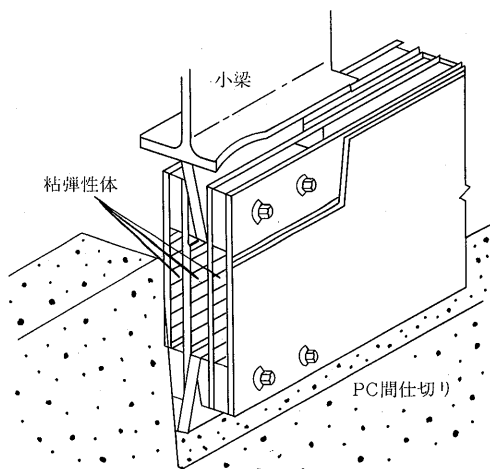
この新技術は、清水建設㈱と昭和シェル石油㈱の共同開発による高性能の粘弾性体で、アスファルトと合成ゴムからなっています。

この材料は、加工性、施工性に優れ、取扱いが容易で、エネルギー吸収能力・変形能力が大きいので、振幅の広い複雑な揺れにも対応できるのが特長です。

この制振構法では、この粘弾性体を建物の変形の大い箇所（大い箇所）に組み込み変形させることによりエネルギーを吸収するシステムとなっています。

発生頻度の高い震度4程度の中小地震や台風等の暴風時において、揺れを半減することで安全で快適な居住性を提供することができます。

装置は仕組みがシンプルなため、確実に作動し、故障の心配がないのが特長です。また、建物の部位に組み込むことができ、余分なスペースを確保しなくてもよく、イニシャルコストは総建設費の1%未満と画期的な新・制振構法です。



また、その他、ALC版内の鉄筋の防錆材原料として、また海岸のコンクリート構造物の潮風からの防蝕用保護材として、エマルジョン系改質アスファルトが使用されています。

多様化する社会のニーズに応え、アスファルトは新しい素材として、今後、ますますその可能性を拡大していくと考えられます。

☆

☆

☆

☆

防蟻剤，野兎忌避剤へのアスファルトの利用

協 阪 三 郎*

1. はじめに

今回、「アスファルトの多様な用途」と題して特集が組まれた。筆者も数年前、アスファルトの道路舗装用バインダー以外への使用例を調べたり¹⁾。その結果、このアスファルトが実に巾広く利用されていることに感心させられた。

本項では「防蟻剤，野兎忌避剤へのアスファルトの利用」について記す。

さて確かに過去エジプトで、被害を未然に防ぐ目的でアスファルトをミイラの保存用（防腐剤）に利用したことは有名な史実である。本題におけるアスファルトの利用目的は、我々の日々の生活を脅かす“生き物”からの被害を未然に防止することにあり、上記エジプトの利用目的とは多少異なる、と考える。

2. 防蟻剤への応用

2.1 白蟻により被害²⁾

白蟻がこの地球上に現れたのが約3億年前とされている。白蟻は蟻といっても蟻の仲間に属さず、ゴキブリの仲間である。

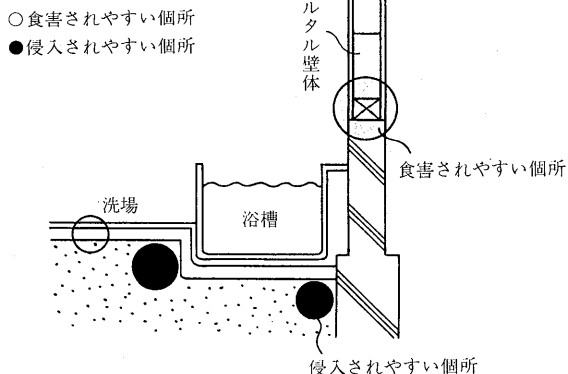
日本における白蟻による被害状況は、北海道の一部を除いて日本全国に渡っている。その被害額は年間2,000

億～3,000億円とされ、火災による損害額（約1,300億円／年）の1.5～2.5倍にあたる。

白蟻は乾燥木材より湿気を多く含んだ木材の方を好む。また白蟻は熱帯性昆虫であるため、温暖で風通しの悪い湿気の多い場所を好む。そのため木造建築物での被害場所の95%は床下である。また白蟻は歯が頑丈でコンクリート、プラスチック、ゴム等何でもかみ砕いて侵入し、更に冬眠もせず昼夜かまわずに活発に活動する。そのため例えば70㎡程の家屋なら2～3年で崩壊させてしまう。

図-1には浴室及び道路において、白蟻による侵入・

浴室



道路

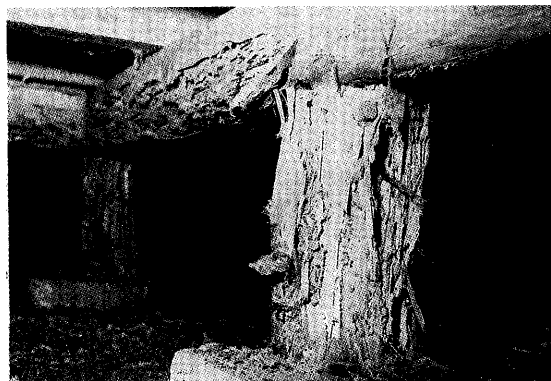
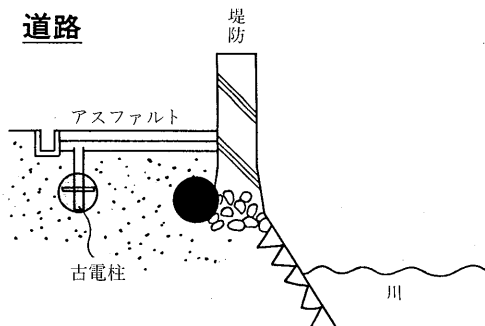


写真-1 白蟻に食害されボロボロになった床下

図-1 白蟻が侵入・食害されやすい箇所（浴室，道路）

*わきざか さぶろう 東亜道路工業株式会社技術研究所課長

食害されやすい箇所を例示した⁴⁾。

2.2 防蟻剤入りアスファルト

この様に、白蟻からの被害を未然に防止するには、特に木造家屋では床下に防蟻処理を施す必要がある。その処理項目として、

- 1) 床下を湿らせない処理
- 2) 白蟻の侵入を防止する処理
- 3) 防蟻剤散布等の薬剤処理

の三処理が全て必要とされている。そのため各薬剤メーカーや防蟻処理業者は様々な薬品、工法を考え今日に至っている。その過程でアスファルトも有力な素材として検討されてきた。以下ではその具体的検討例を出願特許で紹介する。

この最初の出願特許は昭和54年で、「防蟻剤混入アスファルト」と題するものである⁵⁾。この中でアスファルトの効用を、以下のごとく特長付けている。

- 1) アスファルトは安価な防湿剤で、安価な割には効果が持続する
 - 2) アスファルトの形態を変えることで、各種の防蟻剤を比較的容易に混入することが可能である
 - 3) アスファルト乳剤を使用することにより、アスファルト乳剤型防蟻剤が可能となり、常温散布や常温塗布、更には砂や土との混合処理も可能である
 - 4) アスファルトの有する粘着作用により防蟻剤の保持力が発揮され、薬剤の持続性がある
- 以上の特長を実施例により紹介する。

表-1はアスファルトへ防蟻剤を混合し、アスファルト系防蟻剤の効果を比較した結果である。表-1における処理方法は以下の通りである。

表-1 アスファルトの殺虫試験結果（日特公昭54-110331）

経過時間	未処理	粉剤処理	乳剤処理	アスファルト処理
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	(3S,10W)
6	0	0	0	(3S,10W)
7	0	0	0	(3S,10W)
8	0	0	0	2S,5W
24	0	(2S,10W)	(2S,10W)	3S,10W
32	0	1S	2S	—
45	0	3S,3W	3S,9W	—
72	0	3S,7W	3S,10W	—

注) Sは兵アリ, Wは職アリをしめす。
()内は著しく衰弱しほとんど活動しない。
3回実験を実施した平均値を示した。

粉末処理: デルドリンが4.0%含有された土壤処理粉末5gと海砂1.5kgを混合したもの

乳剤処理: デルドリンが0.4%混入されている市販の土壤処理乳剤50ccと海砂1.5kgと混合したもの

アスファルト乳剤処理: アスファルト乳剤50gにデルドリン0.2g添加し、海砂1.5kgと混合したもの
以上の処理試料をシャーレに採取し、イエシロアリの兵蟻(S)3匹と職蟻(W)10匹を放ち、経時変化に伴う殺虫効果を調べた。この結果、アスファルト乳剤を用いた防蟻剤は5~7時間で白蟻は衰弱し、8時間以降から死亡する蟻が出始め、24時間で全滅している。

表-2⁶⁾はアスファルトを更に改良すべく、高分子材料により改質したアスファルト乳剤を用いて、防湿、防蟻、防菌効果を調べた。ここで試料の内容は以下の通りである。

実施例1~3: アスファルト乳剤100重量部へ各種の防蟻剤及び防菌剤を15~20重量部添加し、海砂に4ℓ^m散布したもの

比較例2: 単にアスファルト乳剤を海砂に4ℓ^m散布したもの

白蟻はイエシロアリを用い、兵蟻3匹と職蟻10匹である。なお表-2の防菌効果の欄で(—)は全く菌糸の発育が認められず、(+++)は2/3以上の菌糸の発育が認められたことを意味する。

表-2 アスファルトの防湿・防蟻・防菌効果（日特公昭56-115705）

	防湿効果	防蟻効果	防菌効果
実施例1	相対湿度24%	全数転倒	(—)
実施例2	相対湿度27%	全数転倒	(—)
実施例3	相対湿度29%	全数転倒	(—)
比較例1	相対湿度88%		
比較例2		全数生存	(+++)

表-3及び図-2は⁷⁾、防蟻剤の水洗いによる薬剤の流失及び熱による揮散性試験を実施し、有効成分のアスファルトによる残存効果を、蛍光X線分析により調べた結果である。ここで試料の内容は以下の通りである。

実施例I~III: 各種のアスファルト乳剤及び防蟻剤の混合液を川砂1^m当り40ℓ混練したもの

比較例I: デルドリン1%含有した土壤処理用乳剤を川砂1^m当り40ℓ混練したもの

比較例II: クロルデンが1%含有された乳剤を川砂1^mに40ℓ混練したもの

これらの試料各1kgを3ℓのビーカに採取し、水2ℓ

表-3 蛍光X線分析による各種防蟻剤の揮散性試験
(日特公昭57-45401)

試料	殺虫剤	水洗 0	揮発回数		残存率 (%)
			10	20	
実施例II	デルドリン	158	128	119	75
実施例III	"	159	126	121	76
比較例I	"	160	64	44	27
実施例I	クロルデン	159	112	100	63
比較例II	"	161	100	60	37

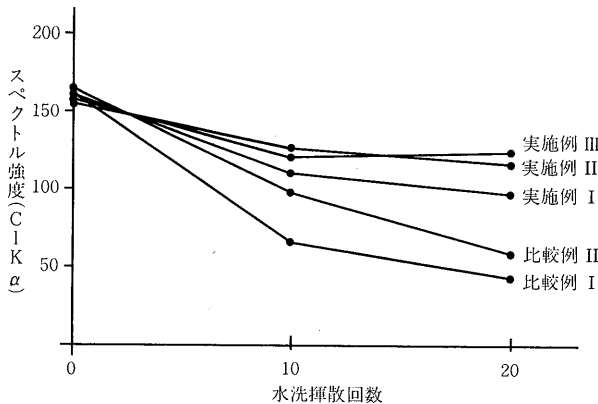


図-2 蛍光X線分析による各種防蟻剤の揮散性試験
(日特公昭57-45401)

を加え2時間放置し、濾紙を敷いた金網フルイで各試料の水を除去し、直ちに40℃恒温槽に入れ48時間乾燥した。この操作を10回及び20回と繰り返した。

この結果、アスファルト乳剤で処理した川砂は他に比べ、20回の処理操作での薬剤残存率はデルドリン系(比較例I)の約3倍、クロルデン系(比較例II)の約2倍の値を示した。これよりアスファルト乳剤へ薬剤を混合することにより有効成分の流失及び揮散性が少ないことを物語っている。

以上の試験結果に共通していることは、アスファルト自体には防蟻効果は無いが防蟻剤を混入することでその相乗効果が生まれてくることにある。なお上記三例の出願特許には記されていないが、アスファルトは粘着性を有していることから、白蟻にはかみ砕きにくいことによる侵入防止効果も、以後の成果から発見されている。

2.3 アスファルト系防蟻剤の実用化

図-3⁸⁾は昭和58年にクロルデンが劇物指定され、そのため有機リン系防蟻剤をゴムアスシートに混入し、床全体に敷設する工法である。本工法では30年以上の薬効持続性を歌っている。

その他、防蟻剤入りアスファルト乳剤へ各種のセメ

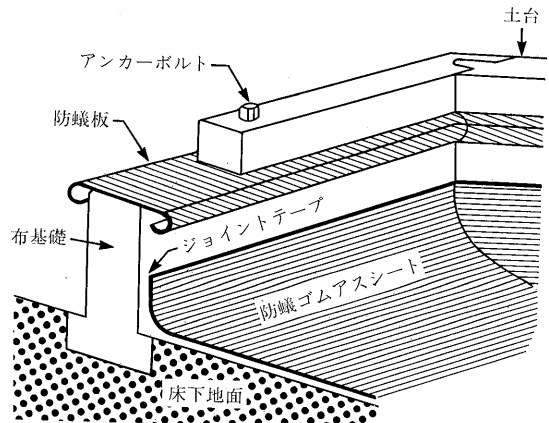


図-3 防蟻ゴムアスシート施工

ントや石膏を混合し、直接床全体に散布し早期に固める工法や、防蟻剤入りアスファルト合材も販売されている。

3. 野兎忌避剤への応用

3.1 野兎による植林の被害⁹⁾

野兎は草木の少なくなる秋から冬にかけてスギ、ヒノキ等の小枝や樹皮を食料とし造林木に多大の被害を与える。その被害状況は年間3万ヘクタールに及んでいる。そのため造林関係者はその対策に様々な方法を講じてきた。

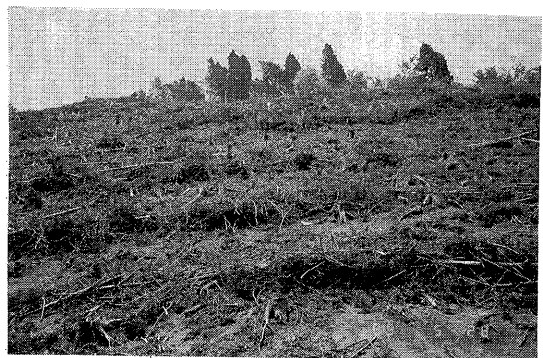


写真-2 野兎による植林の被害

その対策方法として、まず第一は野兎の捕獲が最も確実な方法である。しかしその捕獲率はベテランでも10%以下である。次の手段として、造林木を野兎から保護する策を講じた。その方法は防止柵を設置、ポリネット被覆、更には表-4に示した忌避剤の使用があるが、それぞれに一長一短が有るようだ。

3.2 野兎忌避剤用アスファルト乳剤

以上の状況から、かねてより野兎忌避剤の研究を実施

表-4 過去に使用された忌避剤及び登録薬剤一覧表¹¹⁾

	忌 避 剤	内 容
過去使用された忌避剤	臓物腐汁液	魚などの臓物腐汁液を林分に散布するか、わらに含浸させて造林木にくくりつける。
	石油	石油を含浸させた布を林周に下げる。
	石 油	原油を被害地周辺の草木類に塗布する。
	コールター	煮沸したフノリに鶏糞を混入したもの。枝葉部に塗布する。
	鶏 糞 糊 液	魚油とナフタリンの混合液。造林木に塗布。
	三 三 液	トリカブト合剤
	トリカブト合剤	トリカブトのフノリ混合液。
現在登録されている忌避剤	カニンヘンシュツ	ドイツ製忌避剤。
	クレオソートナフタリン液	クレオソート液とナフタリンの混合液。
	T 字 油	オイゲノールを主成分。
	バーゼン・エス	フランスで開発されたBHC・PCP混合液。
	チ ラ ム 系	アンレス ヤシマアンレス キヒゲン
	β-ナフトール系	キヒコートE キヒテープ 水性キヒコートル
	クレオソート系	クレチオ嫌忌剤
	シクロヘキシミド系	ピリゼンN

してきた岐阜県林業センターが昭和51年、アスファルト乳剤が野兎忌避剤に有効であると発表した¹⁰⁾。そのため当社では、その商品化のための共同研究を申し出た。

しかし、アスファルト乳剤を野兎忌避剤と称して販売するには農薬登録が必要である。その登録のための試験データをそろえるのに5～6年の歳月を要し、認可されたのが昭和60年12月である。

3.3 アスファルト成分と忌避効果¹¹⁾

農薬登録を得るための試験データの一つに、「アスファルト構成成分中の何が忌避剤として有効に作用するか」を究明することが義務付けられた。この試験のためアスファルトをアスファルテン、飽和成分、芳香族成分、レンジの四成分に分け、その1ツ1ツについて忌避効果の検討を実施した。試験場所は野兎が比較的自由に活動できる、野外飼育場（農林水産省林業試験所多摩試験地区）である。

図-4は野兎による植林の被害状況を5段階に分け、5日間に渡って観察した結果である。これより芳香族成分≧アスファルテン>飽和成分の順であった。

図-5は同様の試験において累積加害回数を経過日数に対して調査した。その結果、累積加害回数は芳香族成分が他の成分に比べ、かなり少ないことが実証されている。即ち野兎が、アスファルト中の芳香族成分に忌避反応を示すことを物語っている。

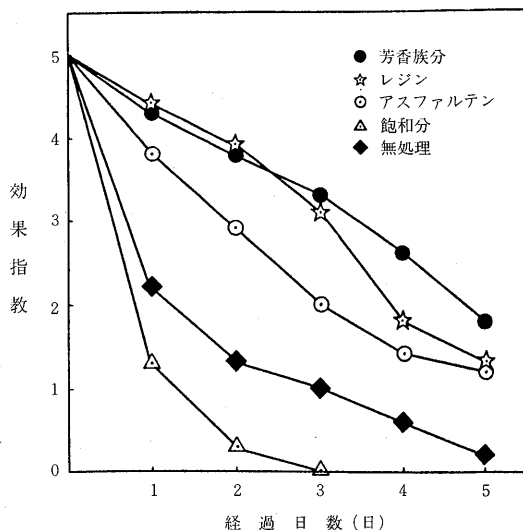


図-4 各成分の経過日数における効果指数

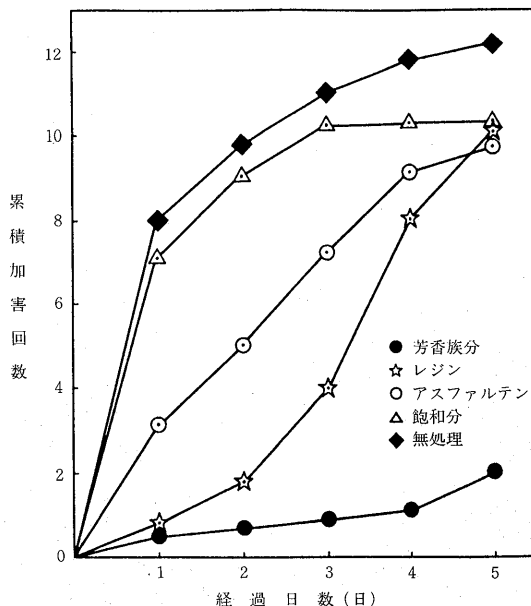


図-5 各成分の経過日数における累積加害回数

図-6は岐阜県林業センターがアスファルト乳剤、アンレス水和剤、フジタングル剤、シメトエース粒剤、白ペンキを用いて累計被害率を試験した結果である¹⁰⁾。この結果、各種の試験材料の中でアスファルト乳剤が最も優れた忌避効果を示している。

本目的に使用するアスファルト乳剤の安全性は以下の通りである¹²⁾

1) 人畜毒性、普通物

急性経口毒性 (LD₅₀) ラット>40,000mg/kg
マウス>41,440mg/kg

刺激性 軽度の眼及び皮膚一次刺激性が有る

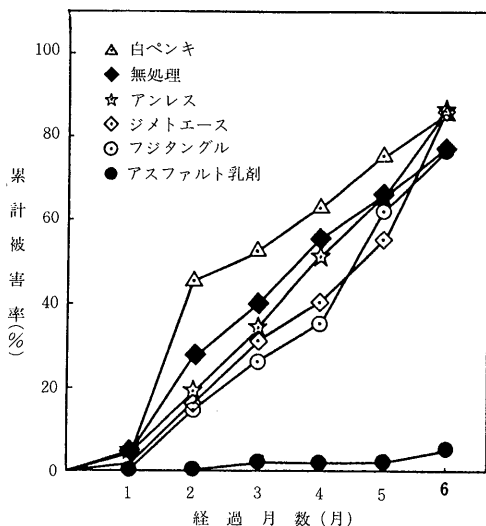


図-6 各種忌避剤の経過月数における累計被害率

2) 魚毒性 A類

コイ TLm (96時間) >200ppm

ミジンコ TLm (24時間) >100ppm

3.4 造林木への処理方法

野兎忌避剤用アスファルト乳剤による造林木への処理方法は、浸漬法と散布法(写真-3)が有る。



写真-3 噴霧器によるアスファルト乳剤の散布

3.4.1 浸漬法

浸漬法は、植栽する苗木をアスファルト乳剤の2倍液に根本まで浸漬し、風乾後に植栽する方法である。苗木に対する乳剤の付着量は苗木の種類、大きさによって異なるが、標準量は1本当たり10~15ml(2倍液で20~30ml)である。

浸漬法は散布法に比べ、忌避効果が確実で使用量も少なく済む。そのため野兎の被害が確実に想定される造林地では、浸漬法は有効な手段とされている。

3.4.2 散布法

散布法は、既に植栽されている苗木に対して野兎被

害が出始める春先もしくは秋口に、2倍液乳剤を噴霧器で樹幹部全体に散布する方法である。

散布量は、標準で1本当たり25~30ml(2倍希釈液で50~60ml)である。ただし散布後に降雨に見舞われると忌避効果は減少し、散布後2時間位は降雨に合わせよう注意する必要がある。

4. おわりに

以上、アスファルトの使用例が数々ある中で唯一、生き物に対する防護剤として適用されている例を紹介した。このようにアスファルトが動植物を対象に検討もしくは実用化されることは、アスファルトの用途開発において興味を有する。

その例を示すに、船舶塗料(藻の付着防止)、植物の発芽促進(オルソマルチ、緑化用)、防カビ防菌用、人工魚礁等がある。この中で最近注目を浴びているのが砂漠の緑化¹³⁾でありリバイバルではあるが、注目している一ツである。

近年いわゆる“3K”が世間で騒がれ、その1つの“汚い”の部類にアスファルトが属している。そのためか、特に若い研究者において、この“汚い”材料に触れることを嫌う傾向にあるとか。筆者はアスファルトを15年以上も扱い、“安価な割には優れた性状を示すアスファルト”を開発信条にしてきた。それ故この現象に対して、何か寂しさと危惧を感じる昨今である。

— 参考文献 —

- 1) 脇阪三郎, 鈴木紀章, ベトロテック, 12巻, 2号, 1989, P.112
- 2) 脇阪三郎, 日本ゴム協会誌, 64巻, 12号, 1991, P.788
- 3) 学習研究社編, ハウス&ホーム, 4巻(別冊版), 1989
- 4) 西本孝一, “地下王国の住人たち”, フクビ化学工業編, 1990
- 5) 日特開 昭54-110331
- 6) 日特開 昭56-115705
- 7) 日特開 昭57-45401
- 8) 日経産業新聞, 昭和58年1月27日版
- 9) 小島耕一郎, 森林防疫, 28巻, 4号, 1979
- 10) 野中照雄, 二村宣次, 岐阜林業センター研究報告, 2号, 昭和51年
- 11) 関勝, 牛島幸司郎, 鈴木紀章, あすふあるとにゅうざい, 86号, 1986
- 12) 東亜道路工業, 野兎忌避剤ブラマック技術資料
- 13) 村井宏, 湯浅保夫, 熱帯林業, 9号, 15巻, 1987

タイルカーペット

梶 川 晃 男*

1. はじめに

私達のビジネスライフの快適さを創造するインテリア製品のひとつとしてタイルカーペットが定着してきた。このタイルカーペットはヒューガ社（オランダ）によって1962年に開発され、わが国に紹介されたのは1970年の大阪万国博のときである。タイルカーペットの国内販売は日本ヒューガカーペット（株）（現日本インターフェース・ヒューガ（株））によって輸入販売されたが、それまでのカーペットに比べ獣毛を植えたフェルトを表面材としたので、ハードな感じのするものであったため異和感があってか需要は伸び悩んだ。

1980年日本石油（株）、日本石油化学（株）、住江織物（株）の共同開発による国産初のタイルカーペットが企業化されたのを契機に、多くの会社が製造販売または輸入販売を始め、タイルカーペット市場は活気を呈するとともに販売量も急増してきた。

当初のタイルカーペットの裏打ち材（バックキング材）はすべてアスファルトを主体とした組成物であったが、その後ポリ塩化ビニル（PVC）系組成物をバックキング材としたタイルカーペットが生産されるようになって大勢を占めるに至った。しかしアスファルト系バックキングタイルカーペットはその特徴を生かした分野に利用され続けている。本報はアスファルトを用いたタイルカーペットの概要について述べてみたい。

2. 特徴および構造

一般のロール状カーペットに比べタイルカーペットは次のような特徴がある。

- (1) 50 cm角の大きさに裁断されており4～5 m²分の箱詰めとなっているため搬入しやすい。
- (2) タイルカーペットの施工は置き並べるか、粘着剤を塗布した上に張るだけであるから容易である。
- (3) 歩行量が多く汚れ、破損が生じる箇所は一部に限られるので、汚れた部分を取りはずして水洗する

ことができ、さらに傷みのひどい部分はその箇所のみを取り換えることもできる。

- (4) 豊富なカラーを揃えているので組合せ次第で様々なデザインが演出でき、使う場所の雰囲気に合わせて選択でき個性豊かな生活を楽しめる。
- (5) 特殊カッティング技術による裁断であるため寸法精度が良く、また気温の変化および経時変化に対する寸法安定性にも優れている。

以上の特徴を有するタイルカーペットは図-1に示すような構造を持ち、パイルの位置を定める1次基布、パイルの毛羽立ち性を防止するプレコート、タイル状に形づくるためのアスファルトを主成分とするバックキング材、寸法安定性を向上し汚れを防止するための2次基布（裏基布ともいう）から成り立っている。最近のタイルカーペットは図-2のように、気温変化に対して寸法安定性を強化した製品に改造したものもある。

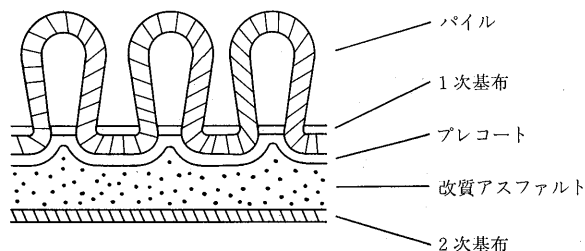


図-1 アスファルト系バックキングタイルカーペット

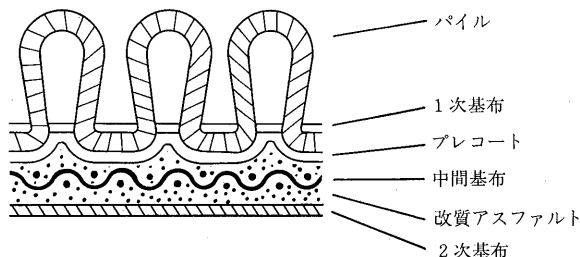


図-2 改質アスファルト系バックキングタイルカーペット

*かじかわ てるお 日本石油化学（株）樹脂研究所特別研究員

3. 製造方法

アスファルトがタイルカーペットの構成要素となる部分はバックキング材としての役割であるが、それ単独ではホットメルト加工性が良いこと、安価であることなどの利点があるものの、バックキング材としての機能を必ずしも十分に備えていない。すなわちタイルとしての耐熱性、耐寒性、形状保持性、耐荷重変形性などが劣り、そのため他の材料を配合して改質する必要がある。改質の例として次のような組成物がある。

ブローンアスファルト／石油樹脂¹⁾、ピチューメン／炭酸カルシウム²⁾、ブローンアスファルト／無機質中空体³⁾、アスファルトを無臭性にしたプロパン脱歴アスファルト／極性モノマー・オレフィン共重合体⁴⁾、プロパン脱歴アスファルト／極性モノマー・オレフィン共重合体／ポリオレフィン⁵⁾、プロパン脱歴アスファルト／エチレン・エチレンアクリレート共重合体／非晶性ポリプロピレン／粘着付与樹脂⁶⁾、プロパン脱歴アスファルト／スチレン・ブタジエン・スチレンブロック共重合体⁷⁾等。

タイルカーペットの製造プロセスは代表的な次の二つの方法が提案されている。その一つは図-3に示し

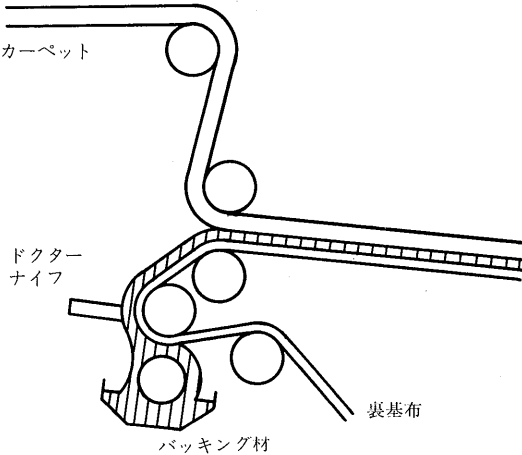


図-3 ロール上の裏打ち法

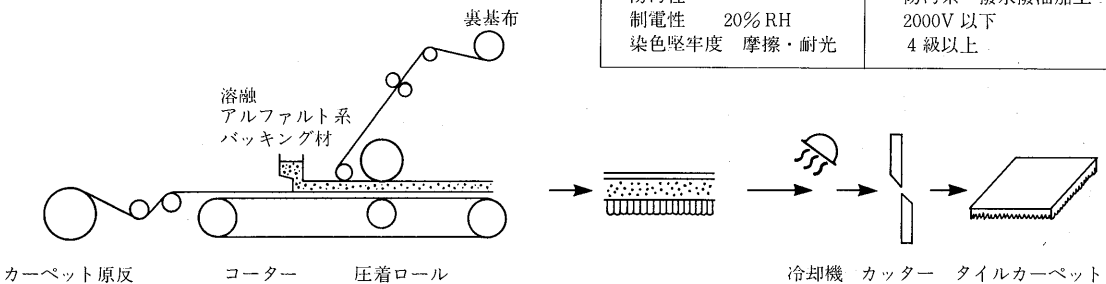


図-4 ベルトコンベア上の裏打ち法

たようにロール上で裏打ちする方法²⁾で、まず2次基布上にアスファルト系バックキング材をロールコートしたのち、カーペット原反をその上に張り合わせて冷却後タイル状に裁断する方法である。他の方法は図-4のようにベルトコンベア上で裏打ちする方法²⁾で、ベルトコンベア上にあらかじめプレコート処理した原反の裏面を上にして乗せ、熱溶融した改質アスファルトを塗布し直ちに2次基布を張り合わせ、冷却固化後タイル状に裁断する方法である。

その他の方法として繊維材にアスファルトを含浸させ、これを芯材としてカーペット原反と裏基布との間に挿入し加圧一体化する方法⁹⁾、および気温による寸法安定性を減少するために線膨張係数の小さな基布を挿入する方法^{10),11)}などが新たに提案されている。

4. 性状および機能

アスファルト系タイルカーペットは一般に多くの材料を複合しており、表-1のような特徴ある性状を示すとともに、多種の機能も持ち合わせている。すなわちアスファルトを用いていながら不快なにおいがなく、抜糸強度が高く、摩耗量、毛羽立ちも少なく通常の使用に十分耐え得る強度をもっている。気温の変化に伴

表-1 アスファルト系タイルカーペットの性状

バイル形状 バイル原料 バイル長 全 厚 寸 法	ループバイル ナイロン 3.5mm 7.5mm 50×50cm
抜糸強度 テーパー摩耗 重量減少 (H38) 厚み減少 (1000回) 寸法安定性 (20℃ 起点) 高温変形率 60℃ 低温変形率 -10℃ 水・乾燥変形率	3.5kgf/2本 0.1g 0.1mm タテ ヨコ +0.02% -0.02% -0.05% -0.06% -0.03% -0.00%
防災性 防汚性 制電性 20% RH 染色堅牢度 摩擦・耐光	合格 (EO 840059) 防汚系・撥水撥油加工 2000V 以下 4 級以上

う寸法の変化も少なくつなぎ目にすき間の発生もない。

また、日本防災協会におけるエアームックスバーナー法の試験に合格し、防災の認定を受けているもの、防汚系パイルに撥水、撥油加工を施して防汚機能を強化しているものもある。

空気が乾燥すると静電気による不快な感電を受けるが、導電性繊維を混合して、歩行により発生した静電気を表面に広げて放散する防止対策をとっているものもある。

ナイロンを使用しているものは染色堅牢度が高く摩擦と光に対して優れた耐久性がある。

さらに表-2のようにアスファルト系タイルカーペットとプラスチックタイルとを比較すると機能がより明確になる。

表-2 アスファルト系タイルカーペットとプラスチックタイルとの比較

項 目	アスファルト系 タイルカーペット	プラスチック タイル
イニシャルコスト(1万㎡)	60,000千円	15,000千円
メンテナンスコスト(10年間)	300,000千円	450,000千円
省エネルギー効果(1万㎡冷房)	45千円/日	65千円/日
(0.5万㎡暖房)	30千円/日	45千円/日
騒音減少効果 (鉄筋コンクリート)		
500Hz	53 dB	73 dB
標準床衝撃レベル		
1000Hz	32 dB	71 dB
2000Hz	22 dB	70 dB

アスファルト系タイルカーペットのイニシャルコストは比較的高価であるが、10年間のメンテナンスコストを加味するとむしろ割安になる。加えて冷暖房の電力量および灯油量から算出した経費を比較するとアスファルト系タイルカーペットの省エネルギー効果の著しいことが分かる。また鉄筋コンクリート上に張り合わせたときの衝撃レベルを比べても騒音減少効果が大いことが明らかである。

5. 施工とメンテナンス

5.1 施工要領

50cm角の大きさに裁断されているタイルカーペットを要領よく施工するには次の順序で行う。

(1) 割付け：部屋の大きさ、形を考慮して、タイルカーペットを張る配置を次の点に留意して決める。

a) 50cm角のタイルカーペットをカットせずそのままの形で使用できるような配置とする。

b) 壁側に敷くタイルカーペットは寸法を合わせてカットする場合があるが、あまり小さなカット片

にならないようにする。

c) 出入口など歩行量の多い箇所は傷みやすいので、交換しやすいように割付けける。

(2) 墨出し：部屋の中心部から壁に向って、十字線をチョークで正確に入れて4区分にする。

(3) 敷き込み：十字線に沿ってタイルカーペットを1列敷き込む。この列が基準になるため動かないように粘着剤で固定する。次いで基準線の中心角からすき間が入らないように敷き込み、各区分ごとに施工していく。敷き方には「市松敷き」「流し張り」があり、一般には市松敷きが多い。タイルカーペットのパイルには方向性があり、裏面にそれを示す矢印がついているので、矢印の方向を確認しながら施工する。歩行量の多い部屋には専用の粘着剤を床全面に塗布して固定することが望ましい。

(4) 階段の敷き込み：通常の階段は高さで踏み面の長さ合計が50cm未満であるから、1枚で経済的に仕上げることができる。使用頻度の多い階段には、まず階段の立上がり部にほぼ等しい寸法に切断したタイルカーペットを接着剤で固定し、次いで角にノンスリップ金具を取付け固定してから踏み面の寸法に切断したタイルカーペットを敷き込む。

5.2 メンテナンス

タイルカーペットが汚れる原因は、靴底によって持ち込まれる土と、飲物、食物を落しての汚れがほとんどである。人がタイルカーペットの上を活動することによって発生するものであるため、注意すればある程度軽減できても防ぐことはできない。したがって汚れがひどくなる前に次に示す方法で処理することが望ましい。

(1) 真空掃除機による除塵

汚れのほとんどは掃除機で効果的に除去することができる。したがって少なくとも週に1～2回は清掃し、歩行量の多い箇所は清掃の頻度をさらに増やすことが望ましい。

(2) 部分クリーニングによるシミ除去

飲物、食物によって汚した直後であれば、ティシュペーパーや濡れタオルでふけば取り除くことができるが、汚してから時間が経過すると取り除くのは難しくなる。その場合スポットの汚れに対してはカーペット専用洗剤を水で希釈してタオルに浸し汚れた部分をこすり落す。また汚れが広範囲になった場合には、タイルカーペットを取りはずして洗浄する。

6. 用途および販売量

アスファルト系バックキング材を用いたタイルカーペットは当初ゴルフ場クラブハウスへの利用が先行し、次いでビルの建築ブームに支えられてオフィスルーム向けの需要が増加した。この他の利用分野として店舗、ショールーム、学校、図書館、ホテル、レストラン、金融機関などにも徐々に浸透し需要を伸ばした。また1982年頃からPVC系バックキングタイルカーペットの販売が開始されて、需要は表-3¹²⁾に示したとおり加速している。この理由は施工性、メンテナンスなどの面でロールカーペットよりも適した材料であり、また美観、保温性、静粛性においてプラスチックタイルよりも快適であるという認識が広まって代替が進んだことが急成長の要因となったのではないかと思う。

表-3 タイルカーペットの生産量

年	生産量(千㎡)
1982	950
83	1,300
84	1,600
85	2,000
86	3,800
87	6,000
88	10,570
89	14,887
90	19,873

最近の用途別需要量はオフィス51%、店舗・ショールーム13%、学校・図書館などの公共施設12%、飲食店・ホテル・レストラン8%、銀行・証券等の金融機関7%、医療機関2%、ゴルフ場クラブハウス6%、その他1%となっている。

これらの用途分野以外にマンション、アパート、一般住宅などがあるにもかかわらず、価格、商品の認識不足などの問題からこの分野の需要が伸び悩んでいる。今後の重要課題の一つであり、これの解決が需要をさらに伸ばす要因となろう。

7. 今後に向けて

建築物の火災現場で内装材から発生する煙にまかれて逃げ場を見失い、煙に含まれる有害成分によって身動きできなくなって犠牲者を出すケースが多くなっている。この対策として国内でのタイルカーペットは防災認定試験を受けることが義務づけられているものの、煙や有害ガスの規制はなされていない。一方米国では発煙量が基準を越える内装材は公的施設には使用でき

なくなった州がある。加えてニューヨーク州では有害ガスの勧告に関する法律を1986年に成立させた。したがって多量に使用されているPVC系バックキング材を用いたタイルカーペットは、発煙量が多いとともに塩化水素ガスの濃度が高いため法律による規制を受け、さらに生産者責任を負うことになる。したがってアスファルト系、エチレン-酢酸ビニル共重合体系、非晶性ポリプロピレン系などのノンハロゲンホットメルト型のバックキング材が注目されるようになった。

このような状況下において、日本でも環境問題を見捨てることはできず、PVC系タイルカーペットに代るものとしてやはりノンハロゲンホットメルト型のバックキング材について検討されつつある。

8. おわりに

タイルカーペットがこれ程までに大きな市場に成長するとは開発当初の1980年頃には予想もつかなかった。1991年の国内販売量は2,500万㎡に達したであろうと推定される。この量は米国の販売量にほぼ等しい。かつてタイルカーペットの需要は1,000万㎡止まりと予想した人がいたが、今やこの数値をはるかに越えて上限知らずの勢いである。これから多様化志向が強まる中で、プリントタイルカーペットへの人気高揚、マンション・アパートへの採用などによってますます需要が伸びると予想され、私達の生活環境を豊かにする身近な材料となるであろう。

— 参考文献 —

- 1) 日本石油, 特公昭61-41565
- 2) ヒューガオーストラリア, 特公昭61-42034
- 3) 田島応用化工, 特開昭57-64015
- 4) 日本石油, 特公昭62-18673
- 5) 日本石油, 特公昭62-9022
- 6) シェル石油, 特公昭60-35462
- 7) シェル石油, USP 4, 201, 812
- 8) 日本石油, 特公平1-29700
- 9) 泉州敷物, 特開昭57-21579
- 10) 日本石油, 特開昭61-19886
- 11) 日本石油, 特開昭61-19887
- 12) インテリアタイムス社, 統計年鑑, 1991, P3.

鉄道軌道に用いられるセメントアスファルトモルタル

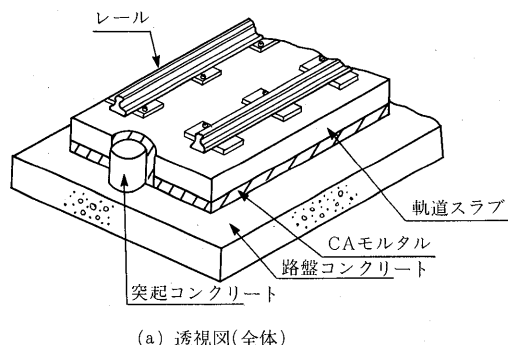
鳥 取 誠 一*

1. はじめに

スラブ軌道(図-1参照)は、軌道保守の省力化を図る上できわめて効果が高く、新幹線等において大量に用いられているが、この軌道の支持材にはアスファルト乳剤を利用したセメント・アスファルト・モルタル(以下、CAモルタルという)が用いられている。CAモルタルは、東京理科大学の樋口芳朗博士が国鉄在職時に開発されたもので¹⁾、セメント、アスファルト乳剤、混和材、細骨材等を現場で常温混合した後、これを軌道スラブ下に充填・硬化させたものである。この材料の開発によって、現在のスラブ軌道が実用化されたといっても過言ではない。

CAモルタルは、開発当初は新設線のスラブ軌道においてのみ用いられてきたが、近年は、既設のCAモルタルの補修材、既設線におけるバラスト軌道を舗装軌道等の省力化軌道に変更する場合の充填材として用いられる場合が増加してきた。このように、用途が異なる場合には、CAモルタルへの要求性能も異なるため、それぞれの場合に応じて、異なる種類の材料を用い、配合も変更する必要がある。

ここでは、これらのCAモルタルに用いる材料、配合、施工方法、硬化したCAモルタルの力学的特性、耐久性等を紹介する。



2. 新設線のスラブ軌道に用いるCAモルタル

2.1 要求性能

図-1に示すように、CAモルタルは①軌道スラブと路盤コンクリートの間および②軌道スラブと突起コンクリートの間に介在する。

①においては、列車荷重を安全に支持し、かつ適度な弾性を有することが要求され、②においては、レールに作用する温度荷重を突起コンクリートに伝達するために必要な強度が要求される。

これらの性能を満たすために、CAモルタルに用いる材料および配合が定められている。

2.2 使用材料、配合および施工方法

スラブ軌道用のCAモルタルの使用材料および配合を表-1に示す。

表-1 CAモルタル(新設用)の配合(kg/m³)

早強セメント	混和材	アスファルト乳剤	細骨材	水	アルミニウム粉末	消泡剤	AE剤
255	45	480	600	105以下	0.04	0.15	7.5

表中のアスファルト乳剤のうちアスファルト固形分は約60%で、40%が水である。

混和材には、CAモルタルの収縮補償のためCSA系の膨張材を用いている。

AE剤および消泡剤は、CAモルタルの耐凍害性を向上させるために用いるものである。すなわち、これらの混和剤により、CAモルタル中に微小な気泡を導入

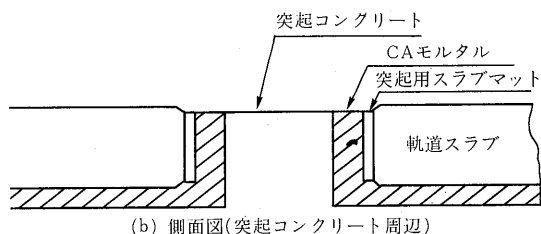


図-1 スラブ軌道

*とっとり せいいち (財)鉄道総合技術研究所涌井研究室主任研究員

し、CAモルタル中の水が凍結する際に生じる引張応力を緩和しようとするものである。

配合において特徴的な点は以下のとおりである。

- (1) アスファルト乳剤の使用量 (480kg/㎡) に対して、(セメント+混和材)の使用量 (300kg/㎡) が非常に多量である。
- (2) アスファルト乳剤中の水も考慮すると、混合時 CAモルタル 1㎡中には、250kgをこえる水が含まれている。
- (1)は所要の圧縮強度を確保するため、(2)はCAモルタルの施工時の流動性を確保するために必要な措置である。

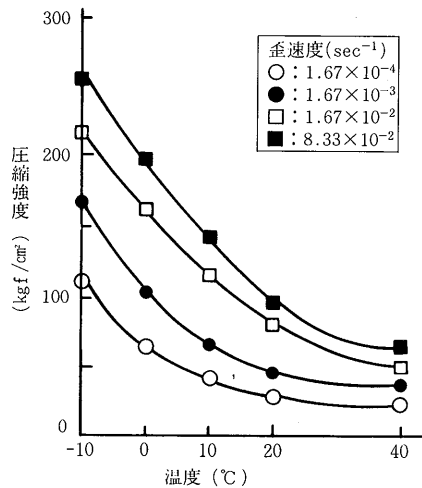
以上の材料を用いて、常温混合したCAモルタルは、仮敷設された軌道スラブの注入孔より、軌道スラブの下に空間に充填される。この際、通常は軌道スラブ周辺に型わくが用いられるが、近年は施工の省力化を目的として、軌道スラブ下面に予めポリプロピレン製の袋を設置しておき、その中にCAモルタルを注入する工法(ロングチューブ工法)も開発されている。

2.3 CAモルタルの組織構造

CAモルタルの配合から、組織構造をマクロに推定すると図-2のようになる。これより、セメントゲル、アスファルト、細骨材の容積割合がそれぞれ約23、30、24%で、残りが自由水と気泡からなる多孔質系の構造であることがわかる。

セメントゲル (23%)	アスファルト (30%)	細骨材 (24%)	水 (19%)	空隙 (9%)
-----------------	-----------------	--------------	------------	------------

図-2 CAモルタルの組織構造



(a) 圧縮強度と温度の関係

また、組織構造を微視的に観察した結果、図-3に示すように、アスファルトの被膜で覆われたセメント水和物が複雑に絡み合っており、三次元の網目状の骨格を形成し、その空隙の一部がアスファルトによって埋められているものであることが判明している。



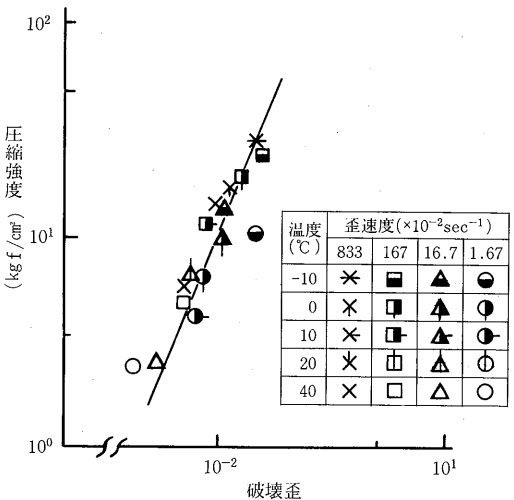
図-3 CAモルタルの結晶組織

2.4 CAモルタルの力学的特性²⁾

(1) 圧縮特性

上記より、CAモルタルは基本的にはセメント水和物とアスファルトからなる材料であることがわかる。このため、その力学的特性は粘弾性体的な性質を有することが推測される。

図-4 (a)は、圧縮強度と温度の関係、(b)は圧縮強度と破壊歪の関係を示す。これより、圧縮強度は温度および歪速度の影響を顕著に受け、破壊歪は概ね10⁻²程度であることがわかる。



(b) 圧縮強度と破壊歪の関係

図-4 CAモルタル(新設用)の圧縮特性

(2) 曲げ特性

図-5は曲げ強度と温度の関係を示す(図中の新設用のデータが該当する。補修用については後述)。これより、圧縮強度の場合と同様に温度および歪速度への依存性が見られ、ある温度を境(脆化点という)として強度の増減傾向が異なることがわかる。脆化点は歪速度が小さくなるほど低温側にシフトし、曲げ強度は順次低下する傾向にある。

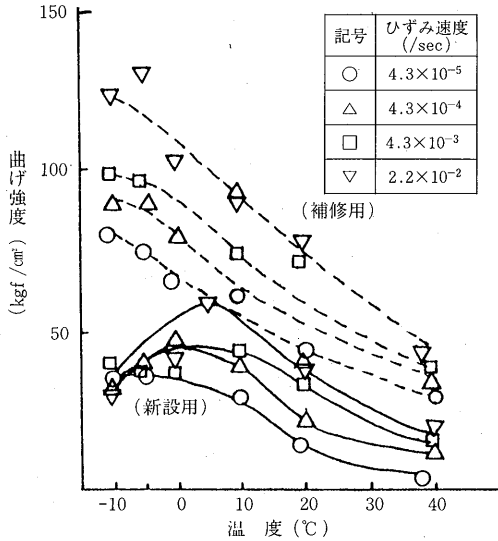


図-5 曲げ強度と温度の関係

2.5 CAモルタルの耐凍害性

山陽新幹線において用いられたCAモルタルは、耐凍害性に問題のあることが指摘されていた¹⁾。このため、東北・上越新幹線の建設に際しては、耐凍害性に関する種々の検討がなされ、その結果、AE剤と消泡剤を用いてCAモルタル中に微小な気泡を導入することによって、耐凍害性が向上することが示された³⁾。

図-6に表-1の配合のCAモルタル供試体とこのCAモルタルからAE剤と消泡剤を除いた供試体についてASTM C-666に準じて凍結融解試験を行った結果を示

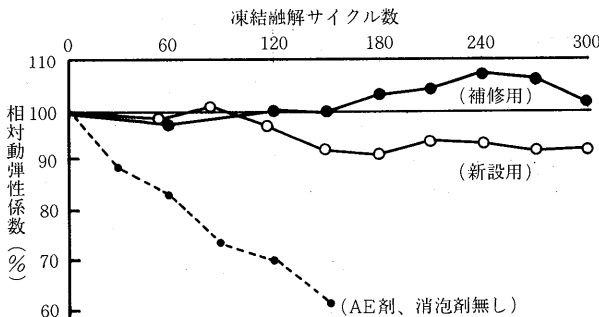


図-6 凍結融解試験結果

す(補修用については後述)。これより、表-1の配合のCAモルタルの耐凍害性は比較的良好であり、微小な気泡を導入した効果が認められる。

3. 補修用CAモルタル⁴⁾

3.1 要求性能

2.で述べたCAモルタルは、強度特性、耐久性等に関する検討を基に供用されているが、施工、荷重作用、気象作用等の条件によっては損傷が発生し、補修を要する場合がある。従来、補修材には耐久性を考慮し、樹脂が用いられてきたが、樹脂が高価なため、より低廉な補修材の開発が望まれていた。こうしたことから、従来のCAモルタルと同程度の弾性を有し、耐ひびわれ性、耐衝撃性および耐久性にも優れる補修材としてガラス繊維マットを用いて補強したCAモルタルが開発された。

補修は一般に図-7に示すように、損傷した部分をはつり取り、そのはつり取った部分にガラス繊維マットをσまたはS字状に配置し、型わく設置後、CAモルタルを注入するものである。

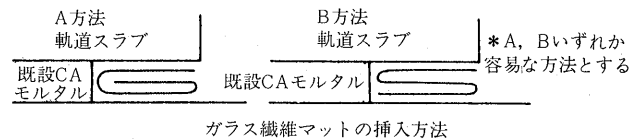
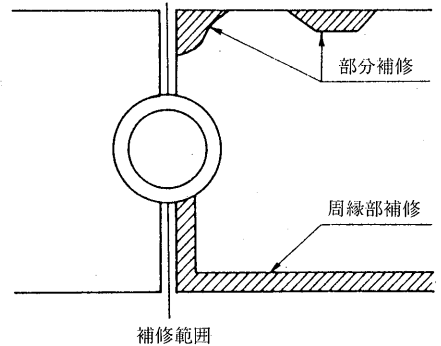


図-7 補修方法

この補修材には以下の性能が要求される。

(1) 早期強度の確保

補修工事の対象となるスラブ軌道は、一般に供用中であるので、工事は夜間の列車間合い(一回の工事の時間は約4時間程度)を利用して行うことになる。このため、早期強度の確保はきわめて重要であり、初列車通過時までは少なくとも、 2 kgf/cm^2 程度の圧縮強度を発現させる必要がある。

(2) 既設CAモルタルと同程度の弾性の確保

軌道スラブは、一定のばね定数を有するCAモルタルに全面的に支持されているとの仮定により設計されている。したがって、補修用CAモルタルには既設のCAモルタルと同程度の弾性を付与し、軌道スラブの支持条件を変化させないことが望ましい。

(3) 補修用CAモルタルと既設のCAモルタルとの接着性の確保

補修用CAモルタルが既設のCAモルタルに充分に接着し、両者が一体となって荷重を負担するようにする必要がある。

(4) 耐衝撃性、耐ひびわれ性の確保

CAモルタルの端部には、凍害によるほか、列車通過時の衝撃的な荷重作用が原因と考えられる損傷が見られる場合がある。こうしたことから、補修用CAモルタル中にガラス繊維マットを数層介在させることによって、耐衝撃性、耐ひびわれ性の改善を図った。

(5) 耐凍害性の確保

CAモルタルの端部は、直接外気に接しており、凍結融解の影響を受けやすい。このため、可能な限り、耐凍害性を向上させる必要がある。

3.2 使用材料、配合および施工方法

使用材料および配合を表-2に示す。早期強度を確保するため、超速硬セメントを用いた。また、ガラス繊維マットにより耐ひびわれ性が向上するため、凍結時に生じる引張応力にも十分抵抗できるようになり、耐凍害性が向上すると考えられたが、アスファルト乳剤はポリマー入りとし、耐凍害性により配慮した。

表-2 補修用CAモルタルの配合 (kg/m³)

超速硬セメント	アスファルト乳剤 (ポリマー入り)	細骨材	水	アルミニウム 粉末	消泡材	ガラス 繊維 マット
303	486	606	91以下	0.04	0.15	2~3層

CAモルタルの弾性は一般に、アスファルト乳剤とセメントの混合割合によって定まる。そこで、補修用CAモルタルの配合も既設のCAモルタルと同程度の弾性が得られるように、セメントとアスファルト乳剤の混合割合を従来と同一にして、補修前後において軌道スラブの支持条件が大きく変化しないようにした。

施工は、一般に以下の手順により行う。

- (1) スラブ軌道側面の損傷したCAモルタルを奥行き10cm程度はつり取り、健全な部分を露出させる。
- (2) はつり部を清掃し、塵、じんあい等を取り除く。
- (3) 既設のCAモルタル、路盤コンクリートにプライ

マーを塗布する。

- (4) ガラス繊維マットを図-7のように設置する。

- (5) 型わくを取付け、補修用CAモルタルを注入する。

3.3 補修用CAモルタルの力学的特性

(1) 圧縮特性

圧縮特性のうち特に重要な点は、強度の発現状態にある。この点を調べた結果は、図-8に示すとおりであり、材令2hrで約2 kgf/cm²の圧縮強度が得られることがわかる。

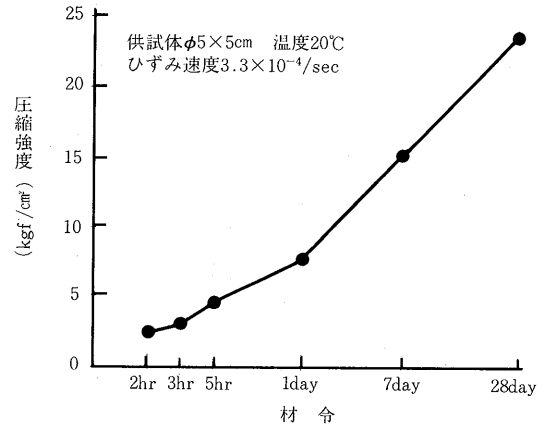


図-8 補修用CAモルタルの圧縮強度と材令の関係

また、材令が十分経過した後の圧縮特性はセメントとアスファルト乳剤の混合割合によって定まるため、補修用CAモルタルの圧縮特性も概ね、図-4に示した結果と同様になる。

(2) 曲げ特性

図-5中に補修用CAモルタルの曲げ強度を示す。ガラス繊維マットによる補強効果により、曲げ強度が無補強に比べ、2~3倍程度大きくなり、脆化点も認められなくなる。

(3) 耐衝撃性

図-9に落錘試験の結果を示す。これからも、ガラス繊維マットによる補強効果が認められ、ガラス繊維マットを3層にした場合には、破壊に至る衝撃エネルギーが無補強の場合の80倍程度に達している。

3.4 補修用CAモルタルの耐凍害性

図-6に凍結融解試験の結果を示す。ガラス繊維マット、アスファルト乳剤中のポリマーの効果により、補修用CAモルタルの耐凍害性が改善されることが認められる。

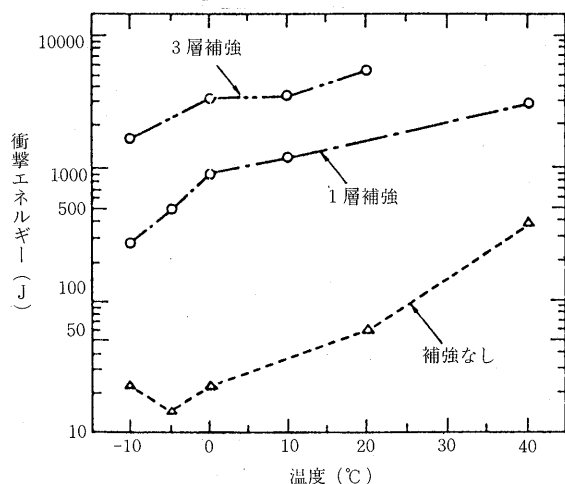
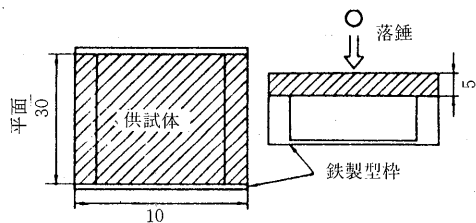


図-9 衝撃エネルギーと温度の関係

4. 既設線の省力化軌道に用いるCAモルタル⁵⁾

2. において述べたように、スラブ軌道は新設線における軌道保守の省力化に大きな効果を挙げてきた。しかし、バラスト軌道では相変わらず従来の軌道保守が必要とされている。軌道保守作業は、近年、話題となっている3K作業の代表のようなものであり、この作業を軽減することが緊急の課題となってきた。

このような情勢に鑑み、鉄道総研とJR東日本との共同により、図-10に示すE型舗装軌道と呼ばれる軌道

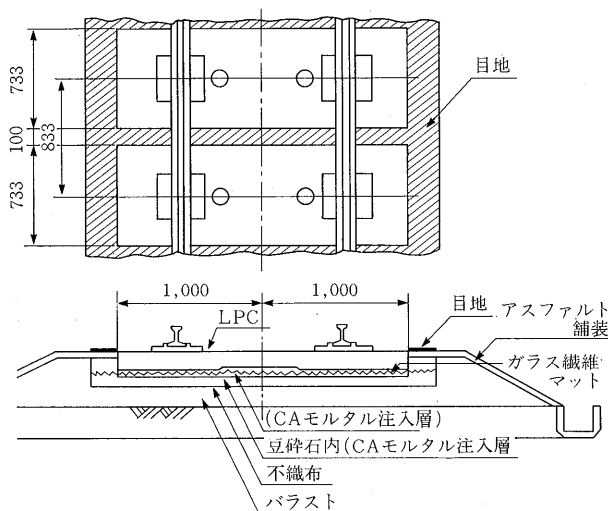


図-10 E型舗装軌道⁵⁾

の開発が進められている。これは既設のコンクリートまくらぎをLPCと呼ばれる大版まくらぎに取替え、まくらぎ下のバラスト中にCAモルタルを注入し、バラストの結合を高めることによって、軌道の沈下を抑制させようとするものである。

既設のバラスト軌道からこの舗装軌道への変更は、列車の間合いを利用して行われる。このため、ここで用いられるCAモルタルも3. で述べたCAモルタルと同様の材料を用い、早強性を確保している。また、図中に示すように、ガラス繊維マットを用いることによって、耐ひびわれ性、耐衝撃性を高めている。

現在、このE型舗装軌道については、鉄道総研内における実物軌道を用いた載荷試験ならびに山手線において試験敷設により、その性能評価に関する検討が進められている。

5. むすび

本論では、CAモルタルが各種の軌道に、どのように適用されるかを示すとともに、CAモルタルの材料、力学的特性、耐久性等に関する試験結果を紹介した。CAモルタルは開発の歴史が古く、実用的にはほぼ完成の域に達しているが、E型舗装軌道の例に示したように、今後新たな軌道構造にCAモルタルが適用され、新しい課題が生じることも予想される。

そのような課題に対し、本論がいくらかでも参考となれば幸甚である。

— 参考文献 —

- 1) 佐藤裕, 樋口芳朗: 道床部に着目した新軌道の研究, 土木学会論文集, 第184号, 1970. 2, p91
- 2) 渡邊偲年, 宮田尚彦, 鳥取誠一: セメントアスファルトモルタルの圧縮・曲げ強度特性, 土木学会第42回年次学術講演会講演概要集, 第5部, 1987.9, p128
- 3) 渡邊偲年, 鳥取誠一, 原田豊: スラブ軌道用セメントアスファルト複合材料の耐寒性能の向上に関する実験的研究, 土木学会論文集, 第408号, 1989.8, p205
- 4) 宮田尚彦, 鳥取誠一, 安藤勝敏, 上野真, 牛島栄: ガラス繊維マット補強CAモルタルを用いた省力化軌道てん充層の補修, 鉄道総研報告, vol.2, No.9, 1988.9, p24
- 5) 安藤勝敏, 須長誠: 既設営業線を保守の少ない線路に変える, RRR, vol.48, No.12, 1991.12, p9

アスファルト舗装工学の発展を目指して(8)

先日、大学で舗装の研究を始めた頃に学生であった人間と懐かしく会う機会があった。その本人は最近は学問として舗装を扱う立場にはいないのであるが、近頃高まってきているアスファルト舗装の設計を力学的な理論に基づいて行うべきであるという気運に対して、「それによってどれだけ安いコストで舗装を作ることができるようになるのか」という疑問をぶつけられた。妙な質問だなと内心思いながらも、素直に「高くなったり安くなったりいろいろだろうね」と答えたのではあるが、「舗装の値段が高くなるかも知れない新しい設計法なんてどこに導入する意義があるのか」とか、「どんな設計法で作ってもできてしまえば同じ舗装ではないのか」などと、一見乱暴なようであるけれども、それでいて的外れでもなく、きっと我々舗装仲間であれば何か暗黙の了解事項として決して口にしないような質問のように思えた。

確かに、エンピリカルな設計法で有名なフランスのカタログ法によって作られた舗装と、セオレティカルな設計法で有名なシェルのマニュアルによって作られ

た舗装とを比べてみても、後者の方が経済的であるという保証はないし、できてしまえばそれを利用する人にはなんの違いもないだろうし、エンピリカルな設計法で作られた舗装はメンテナンスが大変だということもないかも知れない。先の質問は、舗装の破壊というものがあり明確ではないことに回答の難しさの原因があるような気がするのであるが、何か喉につっかかるものがあるようなもどかしさを感じた次第である。

さて、今回の研究グループの報告は、東京都土木技術研究所の峰岸氏を中心としたスタッフの手による成果で、世界的にはどのような設計法が採用されているかを、まとめて頂いた力作である。その対象とした国の数を見ただけでもどれほど膨大な資料を調べたかが想像できよう。これを読んで、今度外国へ行ったときにこの国の舗装はどのようなプリンスプルに基づいて設計されているかを考えたりするのも楽しいかも知れない。是非、ご一読のほどを。

(姫野賢治)

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

*は班長

姫 野 賢 治 北海道大学工学部土木工学科

阿 部 長 門 東亜道路工業(株)技術研究所
飯 田 健 一 鹿島道路(株)技術研究所
伊 藤 達 也 日瀝化学工業(株)技術研究所
伊 藤 春 彦 東亜道路工業(株)技術部
梅 野 修 一 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室
岡 藤 博 国 世紀東急工業(株)技術部技術開発課
小 笠 幸 雄 大林道路(株)C Iプロジェクトチーム
笠 原 彰 彦 日本舗道(株)技術研究所第二研究室
川 西 札緒奈 日瀝化学工業(株)業務開発部
久 下 晴 巳 日本道路(株)技術本部技術研究所
佐々木 巖 建設省土木研究所地質化学部化学研究室
佐 藤 雅 規 世紀東急工業(株)技術研究所
菅 野 伸 一 常盤工業(株)技術研究所
鈴 木 秀 輔 大成ロテック(株)技術研究所開発研究室
高 橋 修 長岡技術科学大学建設系
竹 井 利 公 熊谷道路(株)技術研究所

田 中 耕 作 鹿島道路(株)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 大林道路(株)技術研究所施工研究室
野 村 健一郎 大成ロテック(株)技術研究所開発研究室
野 村 敏 明 日瀝化学工業(株)技術研究所
八 谷 好 高 運輸省港湾技術研究所土質部
* 藤 田 仁 日本道路(株)技術本部技術部調査課
増 山 幸 衛 世紀東急工業(株)技術部技術開発課
水 口 浩 明 前田道路(株)技術研究所
* 南 沢 輝 雄 (株)バスコ道路技術センター情報技術部技術課
* 峰 岸 順 一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室
森久保 道 生 昭和シェル石油(株)中央研究所研究第三グループ
山 本 達 哉 大成ロテック(株)技術研究所
湯 川 ひとみ 鹿島道路(株)技術研究所
横 山 稔 昭和シェル石油(株)アスファルト部販売課
* 吉 村 啓 之 前田道路(株)技術研究所第一研究室

各国のアスファルト舗装設計法の現状と研究の動向

峰 岸 順 一* 鈴 木 秀 輔**
田 中 耕 作*** 湯 川 ひとみ****

1. まえがき

アスファルト舗装設計は、世界各国様々な設計法があり、それぞれ交通、路床、材料、環境条件等に基づいて、独自に各条件の影響を考慮している。我が国のアスファルト舗装の設計法は、昭和37年に刊行されたAASHO道路試験の結果を参考にして、日本特有の交通、路床、材料、環境の各条件を考慮して改良を加えたものである。この成果は、昭和42年CBR- T_a 法としてアスファルト舗装要綱に取り入れられた。しかし、このように経験的な方法に基づく設計法は、特殊な舗装などへの汎用性において限界があるのが一面である。舗装要綱においても理論的な設計法の導入が検討されており、新しい設計法の発展においては、現在の各国の設計法の現状および研究の動向を把握することが重要であると考えられる。

本報文は、AASHTO (アメリカ)¹⁾、AI (アメリカ)²⁾、英国³⁾、Shell⁴⁾、日本⁵⁾の各設計マニュアルおよびPIARCの報告⁶⁾から設計法の現状と研究の動向について報告するものである。

2. 各国の設計法の現状と研究の動向

各設計法のマニュアルおよびPIARCの報告をもとに設計法の現状と研究の動向について特徴的な点をまとめると、次のとおりである。前段では、設計マニュアルから設計法の概要を述べ、後段では、PIARCの報告から得られた範囲内で概要を述べる。

(1) 各設計マニュアルにおける設計法

1) AASHTO

AASHTOの設計法は、AASHOの設計法に対して、車両の大型化への対応を図ったこと、道路の重要度に応じて信頼性の確率を導入したこと、舗装材料の評価にMr (レジリエントモデュラス)を導入したこと、設計期間の経済性を評価しライフサイクルを考慮したこ

となどが特徴としてあげられる。

交通条件として、解析期間に予想される全交通量を、ESAL (18kip等値換算単軸荷重)に換算する。解析期間として10~15年を道路条件 (交通量、地域性)により選択する。そして、車線数により交通量の補正を行う。この交通量からノモグラフを利用して必要な構造厚指数SN (Structural Number)を求める。このノモグラフの入力条件は、信頼度、ESAL、路床土のMr、PSIの最終目標値などである。信頼度は、道路の種類、地域別に信頼性の確率で表わされている。信頼性の確率とは、設定した設計期間内供用可能である区間の、全対象区間に占める割合で示される。信頼度については、舗装の供用性の予測において道路の重要度 (交通量)に応じて信頼度に巾をもたせている。そして、設計期間におけるPSIの最終目標値は、道路条件により1.5~3.0に設定する。

路床条件としての路床支持力は、Mrで評価することを基本としている。

材料条件は、使用材料のMrを求めることを基本としている。

環境条件としては、降雨と温度が考慮されており、膨潤と凍上による路床の支持力の低下を供用性の低下度として考慮する。また、SNを算出する際に路盤の排水状態を考慮し、次に各層の必要最小厚さや経済性を比較して各層の構成を決定する。

2) AI

AIの設計法は、1981年にMS-1 (9版)として発行され、多層弾性プログラムDAMA⁷⁾によりあらかじめ計算された設計チャートを利用する。規定の品質に合格する材料を選定した場合には、簡単に舗装厚さの設計が可能で、理論的設計法でありながら弾性係数やポアソン比の実測や推定を不要にしてあるのが特徴である。

まず、設計期間 (供用後最初のオーバーレイを必要

*みねぎし じゅんいち 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

**すずき しゅうすけ 大成道路㈱技術研究所開発研究室

***たなか こうさく 鹿島道路㈱技術部

****ゆかわ ひとみ 鹿島道路㈱技術研究所

とする年数)を設定する。

交通条件として、EAL (80kN単軸荷重)で交通量を評価する。通常交通量の予測期間として20年を用いる。

路床条件は、Mrの実測を原則とするが、実測が困難な場合はCBR、R値からMrの換算式が示されている。また、道路の重要度に応じて安全率を見込むためEALにより3ランクのパーセンタイル値(Persentile Value)を用いてMrを決定する。

材料条件としては、品質の規定された使用材料から選定する。

環境条件としては、アスファルト混合物に対しては温度の影響が、路床、路盤に対しては水および凍結融解の影響が考慮されている。これらの条件より設計チャートを用いて舗装厚を求める。設計チャートは、路盤の工種毎に年平均気温の3ランクに対して各10枚、合計30枚が用意されている。

そして、ステージコントラクションを実施する場合(長期間の交通量予測が困難な場合や予算が不足で当初設計の建設が出来ない場合)は、施工を2段階(通常の場合)に分けてを行うかどうかを選択する。

また、設計チャートを用いずDAMAを用いても設計可能である。

3) 英国

英国の設計法は、供用性データに基づいた経験的な手法に理論的な解析を加味したものである。設計法の特徴は、設計期間を20年とし、その後の解析期間(20年)を検討要因としていることである。設計に予め維持修繕を想定し舗装のライフサイクルコストを考えた設計であり、これに伴って施工も2段階に分けた段階施工としている。

第一段階は、最初の20年間に発生する交通荷重に対して20年間で舗装の15%が限界状態に達するという考えのもとに設計する。ここで限界状態とは、わだち掘れ量が10mmに達した時、またはわだち部に縦方向クラックが発生した場合と定義されている。第一段階の設計は、上層路盤以上の上部構造と下層路盤以下の下部構造の設計に分かれている。

そして、第二段階は、後半の20年間に発生すると予想される交通荷重を想定し、オーバーレイ及び部分的打換えによる大規模な修繕を実施するものとなっている。以下では、第一段階の設計を対象として記述する。

まず、交通条件としては、供用開始時に予想される1方向当たりの年平均日商業車数を用い、設計期間中に予想される交通量を80kN (8.2 t) 標準軸重に換算

した累積標準軸数の設計交通荷重(DTL)で評価する。設計期間中に予想される交通量は、オーバーレイを必要とする時(わだち掘れ10mm、ひびわれの発生した時)までの累積交通量で示される。

路床条件としては、路床支持力を平衡含水比におけるCBRで評価し、平衡含水比の推定が困難な場合には、塑性限界+3%の含水比でCBRを評価する。また、土の種類別、地下水位ごとに平衡含水比におけるCBRの推定値が示されている。路床のCBRが5%以下の場合には安価な現地材料(CBR15%以上の材料)を用いたキャッピング層(路床を雨の影響から保護したり、転圧不足を起こさずに下層路盤を舗設し転圧するための作業プラットフォームとなる層)を設けることを推奨している。ここで、キャッピング層を設けない場合は、工事期間中に予想される工事用車両を対象に設計チャートまたはアメリカ陸軍技術部隊で開発された公式から下層路盤厚が決定される。また、路床土は、CBRからスティフネスに換算して評価を行い、CBRが5%以上の場合、CBRに応じた下層路盤厚が示されている。上層路盤と表層の厚さは、DTLから設計チャートで決定される。

材料条件として、下層路盤は粒状材、上層路盤以上の材料は上部構造決定時に用いたDTLに対応して使用材料が選定できるようになっている。

環境条件としては、路床土の凍上性を考慮しており土質によって凍上を受けやすいか否かの判定基準が示されている。粘性土であれば $PI < 15\%$ (排水の良い場合)、または $PI > 20\%$ (排水の悪い場合)、粘性土以外であれば、0.075mmふるい通過量10%以上の場合に凍上対策を実施する。ただし、舗装厚が45cm以上の場合には、これらの処置は省略される。

また、試験舗装の解析調査においては、変形や荷重分散能力を疲労抵抗と関連させて理論的な検討が行われている。新材料の供用性の評価は、室内試験による混合物の動的スティフネスと関連づけている。オーバーレイの設計は、たわみ測定により残存期間を推定するものであり、FWDの導入によってスティフネスで舗装の剛性を表わすことが可能となっている。

4) Shell

Shellの設計法の基本となる考え方は、多層弾性理論を利用し、アスファルト層下面の引張りひずみと路床上面の垂直ひずみが限界値を超えないように舗装厚を決定するものである。設計法は、理論的な解析をもとにしているが、使用材料の弾性係数の設定や許容される

ひずみの設定に実供用道路や試験舗装の観測結果が取り入れられている。

交通条件として軸荷重は、標準荷重80kNに換算して評価する。

路床条件として、路床を弾性係数で評価する。これは、代表的な実交通を用いて動的たわみから求めるか、または室内試験による動的三軸試験によって求める。

材料条件として、使用するアスファルト混合物は、8種に分類され、疲労試験によるひずみとスティフネスの関係がグラフで示されている。アスファルト混合物層の疲労破壊規準は、ひずみの繰り返し回数とアスファルト混合物のスティフネスの関数である許容ひずみの値によって定まるものとされている。室内試験によるアスファルト混合物の疲労寿命として、初期応力または、初期ひずみと載荷回数との関係から散逸エネルギーの考え方を導入して疲労破壊規準を定義している。

環境条件としては、年平均温度に重みをつけており、ひずみに与える温度の影響を配慮している。

構造計算は、多層弾性プログラムBISARで行うが、一般的には、各設計条件の組合わせて図表を用いて設計できるように設計チャートが用意されている。

5) 日本

現行の日本の設計は、昭和63年版アスファルト舗装要綱によっている。舗装厚の設計は、設計CBRと交通量区分に応じて舗装合計厚(H)と舗装全層を表層・基層用の加熱アスファルト混合物に換算した厚さ(T_A)の目標値が示されているので、この値を目標に設計を行う。舗装各層の厚さは、目標とする T_A および $4H/5$ を下回らないように決定する。

交通条件として5年後の大型車の1日1方向当たりの交通量を推定し、対応する交通量区分(L~Dの5区分)を用いて設計する。また、特に大型車交通量や重い輪荷重が多い場合は、輪荷重の実測データから供用予定期間10年の累積5t換算輪数を推定し、設計CBRとの関係から必要なHと T_A を求めることができる。

路床条件としては、路床土を採取して、その区間の設計CBRを求める。軟弱な路床の場合は、置き換えや安定処理を行う。

材料条件としては、アスファルト混合物、粒状材料とも表層および基層の加熱アスファルト混合物の厚さの何cmに相当するかを示す等値換算係数が用いられている。

環境条件としては、凍上対策が考慮されており、凍結融解を受ける寒冷地では、凍上を起こしにくい材料で路床上部を置換する。置換の深さが経験的にわかっている場合はその値を用い、実測や気象データから求める場合は、理論最大深さの70%まで置換を行う。

(2) PIARCの報告にみる各国の設計法の現状と研究の動向

1) フィンランド

重車両の増加で、交通条件がAASHO道路試験の結果から導かれたものより掛け離れたものとなってきており、実供用道路で交通荷重による舗装の内部の圧縮応力や引張り応力を測定して、道路の疲労を把握することが重要であるとしている。破損形態としては、摩耗とひびわれが多く、舗装の供用年数と年間の凍結日数がひびわれに重大な影響を及ぼすと考えられている。舗装の構造設計からは、引張り応力が重要であるとしている。さらに、舗装維持管理システムとしては、わだち掘れとひびわれによる供用性予測モデルを用いて検討が行われている。

2) ノルウェー

道路を管理するためのモニタリングシステムとして、ダイナフレクトやFWDが利用されており、たわみ測定を基礎とする設計法の研究が進められている。

3) チェコスロバキア

弾性理論による設計法を行っている。舗装厚さの設計は、標準荷重5tの載荷条件で舗装表面のたわみ量および舗装各層の引張り応力を計算し設計基準に等しいか、それ以下になるように行っている。

4) ハンガリー

AASHO道路試験を自国の設計条件にあわせ修正したCBR法に基づく設計法とベンケルマンビーム等のたわみ測定に基礎をおく2種類の設計法が用いられている。舗装の補修においては、たわみ測定をもとに現況の弾性定数を把握し、多層弾性理論による設計が用いられている。さらに、データバンクの構築と材料の疲労予測を含めてPMSの構築が進められており設計方法の改善が行われている。

5) 旧ソ連

路床条件と環境条件をもとに舗装の挙動を考慮するコンピュータ管理による理論的設計法で、理論と経験的な調査によって発達してきたものである。温度の影響は、アスファルトの弾性係数の変化として考慮されている。そして、設計軸荷重100kNを超える場合には、舗装に与える影響についてノモグラフが示されており、

重車両の影響や車速を考慮出来るようになっている。

6) ルーマニア

交通条件としては、疲労に関する研究をもとに通過車両を100kNの標準荷重に換算している。また、設計法の見直しとして、理論的設計法の導入を目指して、舗装各層の疲労や重交通に対する検討が行われている。

理論的検討として重量車両の影響による応力状態については、CHEV 5Lのプログラムが使用されている。

7) 旧東ドイツ

理論的な設計法の確立を目指して研究が行われている。舗装の設計は、下層路盤を均一と見なし、設計交通荷重として2種類の標準車両の設計パラメータ（輪荷重、接地圧等）と、路床および路盤の弾性係数を用いてバーミスターの2層系の理論により計算した結果からノモグラフが示されている。ノモグラフを用いて変形量、応力が計算でき、破壊基準を考慮して構造を決定するようになっている。現在、材料およびエネルギー消費の抑制が行われており、設計法や標準的な舗装構造の見直しが行われている。その中で、コンクリート舗装の利用の促進、長期供用を目指した改質アスファルトの開発や産業副産物の舗装への利用等が注目されている。

8) 旧西ドイツ

設計期間は、通常20年としている。設計法は、交通量区分と路床土の種類および舗装各層の使用材料を選定し、舗装構造一覧図から舗装構造を選択できるカタログによるものである。交通量は、5 t以上の大型車、バスを対象とし、日交通量を基本とし、交通量の伸び率、車線数、縦断勾配等で補正を行う。路床は、平板載荷試験による変形係数で評価している。環境条件(地域要因)は、路床土の種類、地下水の状況、地盤の位置(切土、盛土)等が考慮されている。また、材料条件として品質の規定が示されている。

9) オランダ

Shellの設計法が広範囲に利用されている。各設計条件(気象、交通、路床、路盤、アスファルト混合物、オーバーレイ等)には、安全率の考え方が導入されている。再生材料についても理論的に構造計算を行うことが可能である。また、PMSのシステムの開発を目指しており、舗装のメンテナンスの状態は、目視調査で行うことを基本としている。

10) スイス

設計法は、AASHO道路試験から誘導されたものである。設計交通量は、8.2 t換算通過軸数から交通区分(3

区分)を求める。路床の支持力は、CBRで評価し、凍上区分が4区分示されている。また、舗装厚は、各条件を考慮した設計曲線で決定出来るようになっている。そして現在、フルスケールの試験舗装で多層弾性モデルを用いた解析により、理論的な設計法の検討が行われている。

11) オーストリア

設計期間は、20年とされており、交通量と路床の支持力から設計が出来るようにカタログが示されている。これは、多層弾性プログラムBISARを用いて計算されたものである。交通量は、商業車の日平均交通量を100 kN標準軸重に換算して表される。そして、重交通への対応や、再生材、改質アスファルト等一般的でないものの設計法も検討中である。また、オーバーレイについては、まだ設計法が確立されていない。

12) ベルギー

設計法は、多層弾性理論が適用されており、使用材料はカタログで選択する。舗装厚は、交通量との関係からチャートで設計出来るようになっている。アスファルト舗装以外の複合舗装にも適用出来るようになっている。また、交通条件がチャートと一致しない場合は、交通量から軸荷重を換算する必要がある。地域特有の交通条件を考慮出来るようになっている。また、改質アスファルトを用いる等従来の材料と異なる場合は、室内試験等で材料特性を比較した上で適用される。

13) フランス

AASHO道路試験の結果を取り入れて改定した設計法である。交通の区分と路床の支持力区分を選択し、最も経済的な上層・下層路盤の組合わせを選定するための構造図が用意されている。また、設計法の中に街路の特色が考慮されており、コミュニティ道路、車両の交通騒音を軽減させることや路面の明るさに対する配慮等街路の機能の多様化に対応できるように配慮されているのが特徴である。

14) ポルトガル

設計法は、AASHO道路試験および英国の設計法から導きだされたものである。交通条件は、標準荷重として80kN単軸荷重が用いられる。そして、重車両交通の荷重測定が組織的に行われていないため、重交通への対応として、標準荷重への換算係数に補正値を導入している。舗装設計における現実の交通荷重を組織的に測定する必要性が示されている。また、一般的でない材料については、使用しないことになっている。なお、構造解析には、たわみ解析をもとにした理論的手法も

用いられている。

15) スペイン

設計法は、Shellの設計法に於ける疲労限界を適用した理論的設計法であり、すべてカタログによって行なえるようになっている。また、オーバーレイの設計においては、弾性たわみから設計残存期間を求めて必要舗装厚が決められる。

16) イタリア

設計法は、経験的なものと経験的なものを理論で補ったもののどちらも用いられている。応力解析モデルを考慮してフルスケールの試験舗装が行われている。従来と異なる材料（産業副産物、再生材料、改質アスファルト等）への設計法の適用の検討が行われており、動的な軸荷重の把握も試みられている。また、オーバーレイの設計においては、FWDを用いた測定から路床の支持力の低下を評価し、各層の弾性係数で既存の舗装の破損状態を判断する。

17) ブルガリア

設計法は、設計交通量、路床の弾性係数、舗装各層の弾性係数を入力して理論的に行うものである。設計交通量としては、舗装の設計期間における1車線当たりの日交通量を用いる。標準軸荷重としては、80, 100, 110, 120, 130kNが用いられる。各層の弾性係数は、静的試験から決定される。また、オーバーレイの設計では、設計交通量と弾性たわみに基礎をおく設計式およびノモグラフが示されている。

18) ユーゴスラビア

設計法は、AASHO道路試験をもとに行われており、設計期間最後の舗装の供用性や環境条件が考慮されて、各層の構造評価や舗装厚の改良が行われている。設計は、コンピュータ処理出来るようになっているが、設計図表を用いても行える。入力する設計条件は、設計期間、設計期間最後の路面性状($P_k=2.5:PSI$ に相当する)、交通荷重、環境条件（温度、水位）、路床の支持力(CBR)、材料品質である。また、通常材料以外の材料を使用する場合、重交通の場合および設計期間が長期なもの等特別な条件下の新設舗装及び補修工事においては、経験的な設計法を理論で補った設計法が用いられている。これらについても、標準化されていないがコンピュータを使用して行えるようになっている。

19) メキシコ

車両の軸荷重の増加に伴いより強度のある舗装構造や経済性のある設計へと、理論的な検討を含めて改良

が行われている。高温な気象条件を考慮して、混合物の疲労やわだち掘れ特性を弾性係数(Mr)とフルスケールの試験舗装のベンケルマンビームやダイナフレクトのたわみ測定およびひずみの実測等との関係から検討しているのが特徴である。

20) インド

路床CBRと舗装厚の関係が設計軸荷重毎に設計曲線として示されている。オーバーレイ設計においては、ベンケルマンビームでたわみを測定し残存期間を推定する設計チャートが採用されている。舗装の応力解析には、表面たわみやたわみ形状を測定し弾性理論による解析を行っている。また、振動試験により舗装各層および路床の動的弾性定数を測定することも試みられている。

21) 中国

中国におけるアスファルト舗装の設計法は、理論的設計法を用いる。交通条件として、設計期間中の、1車線当たりの標準軸荷重の累計で評価している。標準軸荷重は10tまたは15tであり、2つの円形等分布荷重を設定している。デフレクションビームによるたわみ測定結果を設計規準として用いている。路盤には通常、石灰、セメントあるいは石灰フライアッシュによる安定処理土や粒状材が用いられており、通常地域では供用性と経済性から有効であったが、低温地域では温度収縮によるひびわれ発生の問題があり、対応について検討中である。

22) クウェート

夏期の高温と交通荷重の増大のため、独自の条件を考慮したマニュアルの作成を行っている。路床の強度評価は、繰返し載荷試験またはダイナフレクトを用いて行われている。これを用いて温度と破損との関係から重み付けした温度勾配が考慮されている。

23) オーストラリア

多層弾性プログラムを用いた理論的設計法が用いられている。路床の許容ひずみは、供用性を解析して得られたもので、オーストラリアの現況に合わせて開発されたものである。アスファルト混合物の疲労限界は、Shellの設計マニュアルが取り入れられている。特殊な車両の荷重配置における疲労の解析、および一般的な材料（例えば、再生アスファルト混合物、改質アスファルト混合物等）や合成舗装構造の解析と設計が可能である。また、アスファルト舗装のオーバーレイ設計は、舗装表面の曲率を求めて行われている。

以上のように各国の設計法においては、車両の大型化に伴う軸重の増加や一般でない材料（例えば再生材料、改質アスファルト等）を用いて設計する場合など、特殊な設計条件での設計を理論的な手法を取り入れて検討を行っている状況にある。また、既設舗装の強化のためのオーバーレイの設計においては、残存設計期間を求めるためにFWDやダイナフレクトを用いたたわみ量を測定し、理論的な手法で検討を行っている傾向である。そして、各国のおかれた異種様々な設計条件を配慮して、理論的設計法の中に各設計条件を如何に取り込むかで苦労していることがわかり、また現在その検証は、フルスケールの試験舗装等を通して各国が模索しているといえる。

3. まとめ

AASHTO、英国の設計法は、経験的設計法を理論的に補って検討が加えられ、Shell、AIの設計法は、理論的設計法を経験的に補って検討が加えられたものである。今回取上げた各国の設計法の分類と設計条件は、表-1に示すとおりである。これらの現行の設計法を見ると、どちらかの型で理論と経験を結合した半理論的な設計法が多いことがわかる。各設計法とも路床の評価にMr、スティフネス(動的な変形係数)、弾性係数等を用いて、理論的な設計法を目指す傾向がある。

AASHTOでは、理論的な設計法についての将来展望が記述されており、英国の設計法では、可能なかぎり理論的な設計法の考えで統一し、新工法、新材料に対応できる方法とすることを目指して設計法の改良が行われている。

そして、各国の設計法とも各設計条件を、理論的設計法にどの様に取り込むかで苦慮していることが伺われる。経験的設計法を理論で検証したり、逆に理論的設計法を経験的に試験舗装などで検証しているのが現状であると言える。各国とも自国の設計の諸条件を考慮して、経験的に得られた実績を加味して理論的設計法へと改良が行われている。

日本の設計法では、理論的な検討として多層弾性理論を用いてダイナフレクトやFWDによるたわみ量からの構造解析やサンドイッチ工法の荷重分散の評価に利用されたりしている⁹⁾。そして、現在舗装要綱の改定作業が行われており、理論的な設計法の方向性が示される予定である。今後、新工法、新材料に対応できる方法として理論的な検討を加味した設計法や経済性を比較するためのライフサイクルを考慮した舗装設計法お

よび維持補修を考慮したPMSの一部としての舗装設計法等を考慮することが課題としてあげられる。

さらに、現在アメリカを中心としてヨーロッパや日本も加わり、世界的規模で進行中の新道路研究計画(SHRP: Strategic Highway Research Program)には、6つの主要な研究課題があり、その中の一つに舗装の長期供用性(LTPP: Long Term Pavement Performace)の検討がある。これは、交通条件、路床条件、材料条件、環境条件、修繕方法等が舗装の長期供用性に及ぼす影響を明らかにして合理的な舗装設計法を見出すことを目標としている⁹⁾。この中では、試験舗装を施工して、構造や環境等の要因が舗装に及ぼす影響の研究が行われている。このLTPPを含めたSHRPの成果は、アメリカにおいて現設計法の見直しを行った上でライフサイクルを含めた新しい設計法の構築へと結びついて行くものと考えられる。そして、日本の設計法においてもAASHTO道路試験と同様に大きな影響を与えるものと考えられる。しかし、この結果を導入するには、交通、路床、材料、環境の各条件の違いを明確に把握する必要がある。特に日本の置かれている温暖、多湿、重交通等の特殊な条件を把握して導入を検討する必要があると考えられる。

4. あとがき

今回の報告は、世界各国の設計法の現状と現在研究中の内容について簡単に取りまとめて報告した。引続きアスファルト舗装技術研究グループの設計班では、路床、材料、交通、環境の4つの設計入力条件について、調査対象項目を細分して、各国のCBR試験法の違いや材料評価としての弾性係数測定法の比較等についての検討を行っているので次の機会に報告したいと考えている。

— 参考文献 —

- 1) AASHTO, "AASHTO GUIDE for DESIGN of PAVEMENT STRUCTURES", 1986.
- 2) The Asphalt Institute, "Thicness Design Asphalt Pavement for Hightways and Streets", Manual Series No.1 (MS-1), 1981.
- 3) Department of the Environment, Road Research Laboratory, Road Note 29, HMSO, 1970.
- 4) Shell International Petroleum Company, "Shell Pavement Design Manual", 1978.
- 5) アスファルト舗装要綱, 日本道路協会, 1988.

表-1 各国の設計法の分類と設計条件

項目 設計法	設計法の分類*	設 計 条 件			
		交 通 条 件	路 床 条 件	材 料 条 件	環 境 条 件
設計マニュアルにおける各国の設計法					
AASHTO	経験法＋理論法	18kip換算累積軸数	Mr	Mr	膨潤、凍上の影響をPSIの低下度で評価
A I	理論法＋経験法	80kN換算累積軸数	Mr(R値、CBRで換算可能)	Dynamic Modulus (混合物) Mr(粒状材)	温度、凍上、凍結を考慮した弾性係数が設定されている 路床の土質により凍上対策が示されている
英 国	経験法＋理論法	80kN換算累積軸数	CBR(Stiffnessに換算可能)	交通条件別に使用材料名を表示	路床土質により凍上対策を行う
SheII	理論法＋経験法	80kN換算累積軸数	弾性係数	Stiffness(混合物) 弾性係数(粒状材)	年平均温度をパラメータとしてStiffnessの変化で考慮
日 本	経験法	大型車台数 (または5t換算累積軸数)	CBR	等値換算係数	凍上には、凍結指数を考慮
PIARCの報告における各国の設計法					
フィンランド	経験法＋理論法	100kN換算累積軸数	平板載荷試験による路床区分		路床の種類により凍上性を判定
ノルウェー	理論法を研究中				
チェコスロバキア	理論法	50kN換算累積軸数	CBR(弾性係数に換算)	弾性係数	凍上に対して路床の支持力低減係数設定
ハンガリー	経験法	100kN換算累積軸数	CBR	材料名を表示	
旧 ソ 連	理論法＋経験法	100kN換算の日平均軸数	変形系数(平板載荷試験に基づく)	弾性係数	融雪時の路床の変形係数設定
ルーマニア	理論法	100kN単軸荷重			
旧東ドイツ	理論法	35および70kNの輪荷重	弾性係数		
旧西ドイツ	経験法	大型車交通量による交通量区分	変形系数(平板載荷試験に基づく)	材料名を表示	凍上対策として凍結深を考慮
オ ラ ン ダ	理論法	80kN換算累積軸数	弾性係数	Stiffness(混合物) 弾性係数(粒状材)	年平均温度をパラメータとしてStiffnessの変化で考慮
ス イ ス	経験法	8.2t換算軸数による区分	CBR		凍上凍結に対して路床改良を規定
オーストリア	理論法	100KN軸に換算した交通区分		材料名を表示	
ベルギー	理論法	80KN軸に換算	弾性係数	弾性係数	
フ ラ ンス	経験法	13t軸の通過数による交通量区分	支持力区分(平板載荷試験に基づく)	材料名を表示	許容凍上指数を設定
ポルトガル	経験法	80kN単軸荷重による交通区分	路床区分		
ス ペ イ ン	理論法	大型車の日交通量による区分	弾性係数(CBRで分類)	材料名を表示	
イ タ リ ア	経験法＋理論法	12t軸換算	弾性係数	材料名を表示	
ブルガリア	理論法	80～130KN軸日交通量	弾性係数	弾性係数	
ユーゴスラビア	経験法	80KN軸換算	CBR	層厚指数	地域係数
メ キ シ コ	理論法	98KN軸換算	CBR	Mr	
イ ン ド	経験法＋理論法	総重量35～170tの大型車の累積軸数	CBR		
中 国	理論法	標準軸荷重10または15t(交通量による道路区分あり)	Mr	弾性係数	
ク エ ート	理論法		弾性係数	動弾性係数	温度勾配を考慮
オーストラリア	理論法	大型車の日交通量による区分	弾性係数(CBRで換算)	Stiffness 弾性係数	

* 設計法の分類における、経験法+理論法とは、経験的設計法を理論的に補って検討が加えられている設計法を、理論法+経験法は、理論的設計法を経験的に補って検討が加えられた設計法を示す。PIARCの報告における各国の設計法の分類は、報告の記述の中から得られた範囲内で判断した内容である。また、設計条件の項において報告で記述が不明確な箇所については空白とした。

- 6) PIARC National Report Question II, 1987.
- 7) 阿部忠行, 田中輝栄, "アスファルト舗装の寿命予測～コンピュータ・プログラムDAMA", アスファルト, vol.29, No.149, 1986.
- 8) 阿部忠行, "理論解析を取り入れたアスファルト舗

装構造設計", アスファルト, vol.34, No.169, 1991.

- 9) 伊藤正秀, "日本における新道路計画 (SHRP) の概要", アスファルト, vol.34, No.169, 1991.

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

B 5 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 施工個所と舗装構成
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℃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℃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℃粘度試験の共通試験
4.3 ホイ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

インターロッキングブロック（舗装）

インターロッキングブロックとは、インターロッキングブロック舗装用コンクリートブロックの総称をいうが、我が国では高振動加圧式で製造され、側面にブロック相互のかみ合せ効果が現れるように凹凸を形成したコンクリートブロックのことをさすのが一般的である。そして、このブロックを表層に用いた舗装のことをインターロッキングブロック舗装という。

ブロックには普通ブロックと特殊ブロックがあり、前者の形状には長方形、正方形、小正方形、六角形、八角形、多角形等、後者には透水性、視覚障害者誘導、植生等特殊な機能を付加したものなどがある。また、ブロックの色調もグレー、ブラウン、ブラック、ブルー、レッド等種類が多い。

さらに、表面テクスチャーは前述の製造方法そのままのもの他、骨材のもつ色調・深みを強調する洗出しタイプや骨材の細かな凹凸を強調するショットブラスト処理を行ったもの等がある。

ブロックの敷設パターンには、ストレッチャーボンド（ブロックを平行に並べるタイプ）、ヘリンボンボンド（ブロック相互の配列に角度をもたせるタイプで45°、90°の角度を持たせて突合せ）がある。

このようにインターロッキングブロックは、ブロックの持つ①形状、②色調、③表面テクスチャー、④敷設パターンを組合せることによって、図形、明るさ、色彩の創出を表現しやすいことから、歩道舗装に多く使用されて来た。

歩道舗装では、碎石路盤（10cm）の上にクッション砂（3cm）を設け、このように厚さ6cm又は8cmのインターロッキングブロックを表層とした構成が主体である。

一方、最近ではCBR- T_A 法に基づいた構造設計に立脚した車道舗装への展開も進んできている。ここでは、1985年前後を中心に試行された街路および市道での追跡調査をもとに路面のサービス性、構造解析の両面から判断して、等値換算係数を1.0とする設計に十分かなう舗装である評価や、1988年と1990年に舗装走行実験場で実施した走行実験結果を参考に①A交通以上の道路舗装では上層路盤に安定処理工法（アスファルト安定処理か又はセメント安定処理など）を用いた方がベターである。②ブロックの敷設パターンはA交通およびB交通についてはヘリンボンボンドを用いる方がベターである。③車道に用いるインターロッキングブロックは所定の目地間隔（3mm）を確保し、たわみによるブロックの競り合いを防ぐため、目地キープ付ブロックを用いることが望ましい。④車道用ブロックは厚さ80mmを標準とする。等の評価を取り入れるとともに、ブロックの品質標準として曲げ強度と寸法および許容差を取りあげ、標準ブロックを例にとると曲げ強度は50kgf/cm²、長さ（ l ）、巾（ W ）、および厚さ（ D ）とも±3mmとする材料規定を設け、さらに図-1に示す舗装構成を前提に表-1に示す交通量区分に応じて区分Iは表-2、区分IIは表-3の舗装厚を標準とする

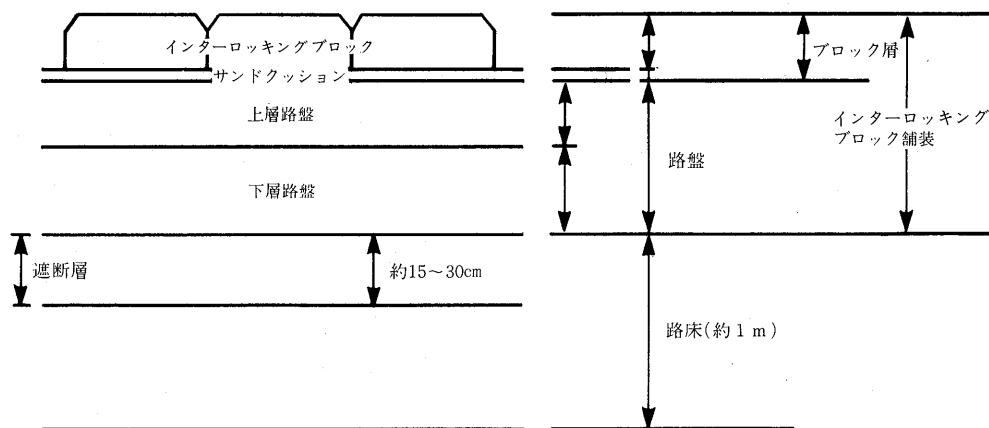


図-1 舗装構成

表-1 交通量の区分

交通量の区分		大型車交通量(台/日・方向)
I (大型車の走行を対象としない道路)*1		——
II (大型車の走行を対象とする道路)	L	100未満
	A	100以上250未満
	B	250以上1,000未満

〔注*1〕 商店街やコミュニティ道路、住宅団地内の区画街路などのように歩行者や自動車の交通に供する道路で、主に最大積載量4t以下の車両の通行する道路。

表-2 交通量の区分Iの標準構造

設計CBR	上層路盤(cm)	下層路盤(cm)
	粒度調整碎石	クラッシュラン
2	10	20
3	10	10
4	15	—
6以上	10	—

設計・施工要領(車道編)(インターロッキングブロック協会(平成2年10月))をまとめて適用している。

この他、新しい試みとして空港のエプロン舗装とし

表-3 交通量の区分IIのT_AとHの目標値

設計 CBR	目標とする値(cm)					
	L		A		B	
	T _A	H	T _A	H	T _A	H
2	17	52	21	61	29	74
3	15	41	19	48	26	58
4	14	35	18	41	24	49
6	12	27	16	32	21	38
8	11	23	14	27	19	32
12	—	—	13	21	17	26
20	—	—	—	—	—	—

て厚さ10cmのブロックを使用、埠頭のコンテナヤードの舗装として、CTB(セメント安定処理路盤)(50~60cm)の上にやはり厚さ10cmのブロック舗装を用いる例等があり、事前に多層弾性理論解析プログラムを用いて表面たわみ量、路床鉛直応力等をチェックして用いている。この場合ブロックの弾性係数はE=5000kgf/cm²程度に評価している。

〔小島逸平 熊谷道路㈱技術研究所〕

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、毎月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

熱可塑性エラストマー (Thermoplastic Elastomer)

原油を常圧蒸溜装置及び減圧蒸溜装置などにかけて得られるストレートアスファルトは、感温性が高いために夏場の高温時では流動・ダレが発生しやすく、冬場の低温時ではもろいという性質がある。このため最近、防水用、舗装用、工業用の各分野では、広い温度範囲で安定した性能を有する高品質のアスファルト(改質アスファルト)が強く求められている。

一つの改善方法として、軟質アスファルトに250~300℃の高温下で空気を吹き込み酸化・重合させることにより感温性を小さくし高温、低温特性を改良したブローンアスファルトがある。しかし、ブローンアスファルトは、大きな変形に対する回復力(弾力性)という点では十分なものとは言えない。

この方法に対して、最近の20年間にアメリカ、ヨーロッパを始め我が国で急速に採用されている改質方法

に、表-1に示すようなゴム、樹脂、熱可塑性エラストマー、熱硬化性樹脂などの高分子材料(ポリマー)を単独あるいは複数併用したポリマーブレンドアスファルトがある。この中で最も多く使用されているアスファルト用改質材は熱可塑性エラストマーであり、これを大別すると表-2に示すように4つに分類される。

表-2に示した熱可塑性エラストマーの中で、最も代表的なポリスチレン系熱可塑性エラストマーについて更に詳しく述べる。この材料は、1961年にアメリカシエル研究所のN.R.レーゲ博士により発明されたもので、特長としては、生ゴム(未加硫ゴム)の易溶性と加硫ゴムの優れた弾性を合わせて持っている。すなわち一般のゴムは、ポリマー中に架橋剤を混入して分子間を化学結合で結び合わせ、かつカーボンブラックなどの充てん剤で補強してつくるが、表-3に示すポリスチレン系熱可塑性エラストマーの場合は架橋・充てん工程を必要としないでゴムの性能を引き出せる。

表-1 ポリマーブレンドアスファルトに用いる高分子材料一覧

区 分	主 な 材 料
ゴ ム	天総ゴム(NR)、スチレンブタジエン共重合体(SBR)、ポリクロロプレン(CR)、アクリロニトリルブタジエン共重合体(NBR)、イソブチレンイソプレン共重合体(IIR)、ポリブタジエン(BR)、ポリイソプレン(IR)、エチレンプロピレン共重合体(EPDM)、スチレンイソプレン共重合体(SIR)、シリコンゴム、フッ素ゴム、エピクロルヒドリン共重合体、ポリアクリル酸エステル等
熱 可 塑 性 エラストマー	スチレンブタジエン共重合体(SBS)、スチレンイソブレン共重合体(SIS)、スチレンエチレンブタジエン共重合体(SEBS)、ポリエステルエラストマー、ポリウレタンエラストマー、ポリエチレンブチルゴムグラフトポリマー、ポリオレフィン系エラストマー等
熱可塑性樹脂	エチレン酢酸ビニル共重合体(EVA)、エチレンエチルアクリレート共重合体(EEA)、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリスチレン(PS)、アタクチックポリプロピレン(APP)、アクリロニトリルブタジエン共重合体(ABS)、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、アクリル樹脂、ポリアミド、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルアルコール、飽和ポリエステル、ポリブテン、石油樹脂、フッ素樹脂、天然ロジン等
熱硬化性樹脂	エポキシ樹脂(EP)、ポリウレタン樹脂(PU)、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、シリコン樹脂、ポリカーボネート樹脂等

表-2 熱可塑性エラストマーの種類と用途

区 分	特 徴	主 な 用 途
ポリスチレン系 熱可塑性エラストマー	- 世界的に最も生産量が多い。 - 弾性が挙動が加硫ゴムの性質に近い。 - 耐油性、耐熱性が良くない。	接着剤、ホットメルト粘着剤、アスファルト改質材、プラスチック改質材、成型品
ポリエステル系 熱可塑性エラストマー	- 低価格である。 - 耐候性、耐老化性が良い。 - 耐油性、耐摩耗性などが不十分。	ホース、チューブ、電線、ケーブル、自動車部品、タイヤ
ポリオレフィン系 熱可塑性エラストマー	- 機械的強度が高い。 - 成型性が良い。 - 柔軟な製品が得られにくい。	自動車バンパー、電線、包装フィルム、工業用部品
ポリウレタン系 熱可塑性エラストマー	- 機械的強度大で、耐摩耗性に優れる。 - 耐化学薬品性に優れる。 - コストが高い。	靴底、スポーツ用品、自動車部品、塗料

表-3 ポリスチレン系熱可塑性エラストマーの種類と特徴

種 類		分子構造モデル			特 徴
		末端ブロック	ゴム中間ブロック	末端ブロック	
S-B-S	スチレン-ブタジエン-スチレン 共重合体	ポリ スチレン (S) (-C-C-) ⊙	ポリブタジエン(B) (-C=C-)	ポリ スチレン (S) (-C-C-) ⊙	ゴム弾性、成形加工性に優れる。 高温劣化でゲル化の傾向。
S-I-S	スチレン-イソブレン-スチレン 共重合体		ポリイソブレン(I) (-C=C-) C		粘着特性に優れる。 高温劣化で粘度低下の傾向。
S-EB-S	スチレン-エチレン/ ブタジエン-スチレン共重合体		ポリエチレン/ ブチレン(EB) (-C-C-)		耐候性、耐熱劣化特性が優れる。 アスファルトとの相溶性にやや劣る。

ポリスチレン系熱可塑性エラストマーの中でアスファルト改質材として多く使用されているS-B-Sの製造方法を図-1に示す。基本原料となるスチレン、ブタジエンまたはイソブレンのモノマーを炭化水素系溶剤中でアルキルリチウムを開始剤として重合するもので、基本的には二通りの方法がある。つまり、スチレン重合の後、その末端にブタジエン（またはイソブレン）を重合し、更に末端にスチレンを重合してS-B-Sのトリブロックポリマーをつくる逐次重合法と、スチレンブタジエン（SB）を重合し、これらのジブロックをカップリング剤で結合しS-B-Sを製造する方法がある。後者の場合、用いるカップリング剤の官能基の数により、2個のジブロックを結合した直鎖型、または3個以上結合した側鎖型やラジアル型ポリマーがある。

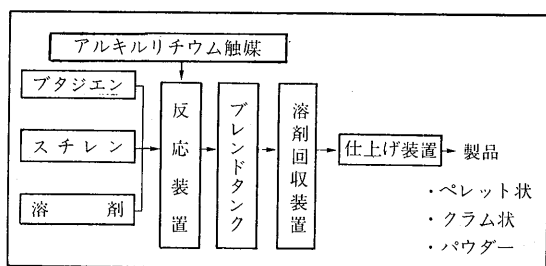


図-1 S-B-Sの製造工程概略図

ポリスチレン系エラストマーの世界の需要量は約30万トンで、その内我が国では約3万トンが使用されている。3万トンの内訳は、接着・粘着剤用に約35%と最も多く、ポリマーブレンドアスファルト用に約20%程度が使用されていると推定される。また、我が国の今後5年間の伸び率は全体で年平均8%が予想され、中でもポリマーブレンドアスファルトへの需要は2桁台の伸びが期待されている。

参考までに、ルーフィングシート用にS-B-Sを12%添加したポリマーブレンドアスファルトの改質効化の一例を図-2に示す。この図より、防水4種ブローンアスファルトに比べてポリマーブレンドアスファルトは、変形に対する回復力が極めて大きいことがわかる。

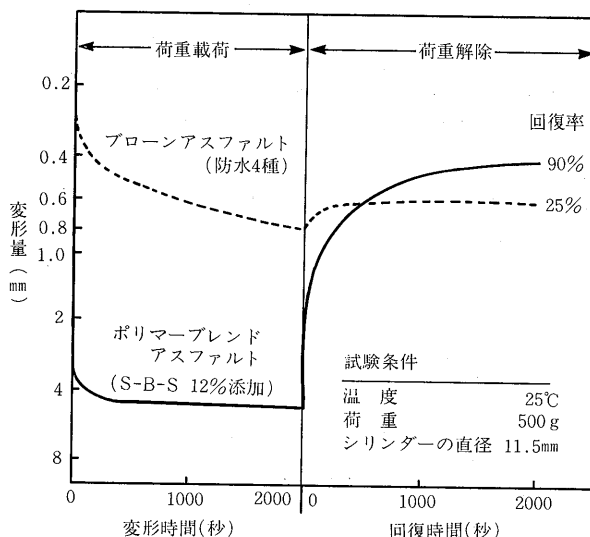


図-2 ポリマーブレンドアスファルトの荷重に対する変形量と回復率の関係

参考文献

- 1) 山下晋三, 小松公栄, 「ゴム・エラストマー活用ノート」工業調査会, p.160
- 2) 日本アスファルト協会, 「改質アスファルトを用いた混合物の設計と施工の手引き」(1992)
- 3) A.L Bull, W.C.Vonk, 「Thermoplastic rubber/bitumen blends for roof and road」, Thermo-plastic Rubbers Technical Manual TR8.15, Shell Elastomers (1984)

〔板垣和芳 昭和シェル石油㈱中央研究所〕

総目次 第167号～第170号（平成3年度）

アスファルトの研究〔品質・規格・試験など〕

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
特集・アスファルトを巡る現状と将来展望について 特集にあたって わが国のエネルギー長期需給展望について 最近の原油事情 石油製品の需要と供給 石油アスファルトの需給動向と将来展望 アスファルト化学への新しいアプローチ ～米国ではいま何を研究しているのか～ 石油アスファルトの改質の現状と将来		蒔 田 實 大 場 英 男 乙 川 宏 孝 千 田 尚 (社)日本アスファルト協会 調査委員会需要設備部会 片 脇 清 士 児 玉 充 生	170	1～2 3～9 10～15 16～22 23～33 34～45 46～56	平成4.1 (1992)
〈資料〉平成2年度市販アスファルトの性状調査		技 術 委 員 会	170	82～87	平成4.2 (1992)

アスファルト需給・統計関係の解析

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況			168	72	平成3.7 (1991)
(統計資料：石油アスファルト需給統計その1（総括表），同その2（内需，品種別表） 毎号巻末に掲載）					

道路舗装・舗装用アスファルト

表	題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
特集・アスファルト混合物の品質 特集にあたって アスファルト合材工場について アスファルト混合物の品質基準 仮設プラントからのアスファルト混合物の品質について 再生アスファルト混合物の品質について ～東京都における品質管理の現況～ アスファルトプラントにおける品質管理 アスファルト混合物の事前審査制度 アスファルトプラントにおける自主管理制度について		飯 島 尚 宇 佐 寛 安 崎 裕 鶴 崎 洋 鈴 木 勲 山 下 弘 美 竹 田 秋 雄 跡 地 幸 進	167	1～2 3～7 8～11 12～26 27～33 34～43 44～45 46～50	平成3.4 (1991)
特集・自動車と道路舗装 特集にあたって 道路と自動車 自動車の性能 道路とタイヤ性能 人間工学からみた道路と自動車運転 車に乗って道路を走行すると アスファルト舗装路面にとっての環境の変化について		橋 本 鋼 太 郎 松 村 哲 男 ・ 福 田 敏 大 沼 尻 到 林 宏 大 久 保 晃 夫 相 川 潔 鶴 窪 廣 洋	168	2～3 4～9 10～16 17～25 26～38 39～43 44～49	平成3.7 (1991)
特集・新たな舗装技術への取り組み 特集にあたって 日本における新道路研究計画（SHRP）の概要 理論解析を取り入れたアスファルト舗装構造設計 景観を加味した歩行者系舗装材料 アスファルトコンクリート舗装の合理化 舗装機能の新しい評価方法 道路保全技術に関する最近の動向 排水性舗装		河 野 宏 伊 藤 正 秀 阿 部 忠 行 永 田 順 一 郎 福 田 実 笠 原 篤 ・ 丸 山 暉 彦 姫 野 賢 治 川 井 優 和 田 三 男	169	1 2～5 6～11 12～17 18～24 25～31 32～38 39～47	平成3.10 (1991)
報文・硫黄を使った舗装材料		吉 野 隆	168	50～56	平成3.7 (1991)

アスファルト舗装技術研究グループ・研究報告

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
アスファルト舗装工学を目指して(4) 舗装の乗心地評価と生体反応	姫 野 賢 治 榎 戸 靖 暢・湯 川 ひ と み	167	51 52～66	平成 3 . 4 (1991)
アスファルト舗装工学を目指して(5) 舗装の力学	姫 野 賢 治 伊 藤 達 也・梅 野 修 一 岡 藤 博 国・金 井 利 浩 横 山 稔・吉 村 啓 之	168	57 58～67	平成 3 . 7 (1991)
アスファルト舗装工学の発展を目指して(6) アスファルト混合物のはく離	姫 野 賢 治 石 井 広 明・伊 藤 達 也 笠 原 彰 彦・久 下 晴 巳 佐 々 木 巖・菅 野 伸 一 鈴 木 秀 輔・谷 口 豊 明	169	45 49～67	平成 3 .10 (1991)
「第 3 回道路および空港舗装の支持力に関する国際会議」 の論文抄録	姫野賢治・アスファルト 舗装技術研究グループ	170	57～78	平成 4 . 1 (1992)

講座・連載シリーズ

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
工事々務所長シリーズ 郡山に赴任して	岡 崎 新 太 郎	167	67～70	平成 3 . 4 (1991)

用語の解説

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
路面評価 混合物のスチフネス	小 島 逸 平 (舗装関係) 高 橋 正 明 (石油アスファルト関係)	167	71～72 72～73	平成 3 . 4 (1991)
再生アスファルト 耐久性		168	68 69	平成 3 . 7 (1991)
ライフサイクル 酸化・蒸発による硬化		169	68 69	平成 3 .10 (1991)
鉄鋼スラグ マッドカーリング現象		170	79 80～81	平成 4 . 1 (1992)

その他一般〔協会事業活動・時事解説・随想など〕

表 題	執 筆 者	号数	ページ P～P	発行年月（西暦）
総目次 第 163号～第 166号（平成 2 年度）	編 集 委 員 会	167	74～76	平成 3 . 4 (1991)

平成 3 年度に発行された本協会出版物

書 名 ・ 概 要	発行年月（西暦）
改質アスファルトを用いた混合物の設計と施工の手引き（B 5 版・本文37ページ） 毎年（月）改訂している定期刊行物 I. アスファルト・ポケットブック（ポケットブック版・本文72ページ） II. 日本のアスファルト事情（A 5 版・本文48ページ） III. 石油アスファルト統計月報（B 5 版・本文16ページ）	平成 4 . 1 (1992) 毎 年 8 月 発 行 毎 年 11 月 発 行 毎 月 1 日 発 行

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
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	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
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)	1	2,735	287	3,022
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)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元年度上期	219	2,895	(105.1)	1	3,115	2,732	(99.9)	1	2,733	372	3,105
元年度下期	372	3,170	(100.6)	0	3,542	3,258	(101.2)	3	3,261	276	3,537
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
7～9月	267	1,579	(103.1)	0	1,846	1,508	(101.5)	3	1,511	323	1,834
2年度上期	276	3,046	(105.2)	0	3,322	2,974	(108.9)	5	2,979	323	3,302
10月	323	554	(106.9)	1	878	576	(106.1)	0	576	301	877
11月	301	535	(86.2)	0	836	560	(91.5)	0	560	273	833
12月	273	593	(103.3)	0	866	617	(100.5)	3	620	242	862
10～12月	321	1,682	(98.1)	1	2,004	1,753	(99.1)	3	1,756	242	1,998
3. 1月	242	396	(107.6)	0	628	377	(107.1)	0	377	259	636
2月	259	484	(118.6)	0	743	445	(107.0)	0	445	298	743
3月	298	668	(98.1)	0	966	656	(90.6)	0	656	310	966
1～3月	242	1,548	(106.2)	0	1,790	1,478	(99.1)	0	1,487	310	1,797
2年度下期	321	3,230	(101.9)	1	3,552	3,231	(99.1)	3	3,234	310	3,544
2 年 度	276	6,276	(96.7)	1	6,553	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3. 4月	310	530	(91.2)	0	840	531	(101.1)	0	531	309	840
5月	309	439	(102.3)	0	748	440	(94.0)	0	440	306	746
6月	306	423	(92.6)	0	729	441	(93.0)	0	441	288	729
4～6月	310	1,392	(94.9)	0	1,702	1,412	(96.3)	0	1,412	288	1,700
7月	288	504	(93.7)	0	792	494	(92.5)	0	494	297	791
8月	297	470	(85.8)	0	767	452	(93.6)	6	458	308	766
9月	308	479	(97.2)	0	787	484	(98.8)	0	484	302	786
7～9月	288	1,453	(92.0)	0	1,741	1,430	(94.8)	6	1,436	302	1,738
3年度上期	310	2,845	(93.4)	0	3,155	2,842	(95.6)	6	2,848	302	3,150
10月	302	513	(92.6)	0	815	521	(90.5)	6	527	288	815
11月	288	531	(99.3)	0	819	549	(98.0)	3	552	267	819

(注) (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 3年11月確報

(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位: 千t)

項 目 年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスファルト	ブローン アスファルト	合 計	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスファルト	ブローン アスファルト	合 計
	道路用	工業用	計				道路用	工業用	計			
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	3,999	162	4,161	806	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.3	100.0	106.1
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
元年度上期	2,043	151	2,194	423	115	2,732	102.8	91.0	101.9	91.2	98.3	99.9
元年度下期	2,317	296	2,613	509	136	3,258	99.9	116.1	101.5	101.0	96.5	101.2
元 年 度	4,360	447	4,807	932	251	5,990	101.2	106.2	101.7	96.3	97.3	100.6
7～9月	1,062	153	1,215	229	64	1,508	99.3	120.5	101.6	99.1	108.5	101.5
2年度上期	2,149	269	2,418	432	124	2,974	105.2	178.1	110.2	101.9	108.7	108.9
10月	408	62	470	81	25	576	96.7	563.6	108.6	95.3	100.0	106.1
11月	412	42	454	83	23	560	96.5	53.8	89.9	100.0	95.8	91.5
12月	443	59	502	94	21	617	100.7	93.7	99.8	108.0	87.5	100.5
10～12月	1,263	163	1,426	258	69	1,753	98.0	107.2	99.0	101.2	94.5	99.1
3. 1月	219	54	273	84	20	377	115.9	91.5	110.1	100.0	100.0	107.1
2月	297	55	352	71	22	445	111.7	107.8	111.0	91.0	104.8	107.0
3月	487	65	552	84	20	656	84.7	19.7	90.8	90.3	87.0	90.6
1～3月	1,003	174	1,177	239	62	1,478	97.4	121.7	100.3	93.7	96.9	99.1
2年度下期	2,266	337	2,603	497	131	3,231	97.8	113.9	99.6	97.6	95.3	99.2
2 年 度	4,414	606	5,020	929	256	6,205	101.2	135.6	104.4	99.7	102.0	103.6
3. 4月	418	10	428	85	18	531	100.2	111.1	100.5	107.6	90.0	101.1
5月	326	45	371	50	19	440	100.0	77.6	96.6	78.1	95.0	94.0
6月	324	48	372	51	18	441	94.2	98.0	94.7	85.0	85.7	93.0
4～6月	1,068	103	1,171	186	55	1,412	98.3	88.8	97.3	91.6	90.2	96.3
7月	372	56	428	47	19	494	95.4	98.2	95.7	71.2	90.5	92.5
8月	317	52	369	65	18	452	94.3	106.1	95.8	82.3	94.7	93.6
9月	336	56	392	73	19	484	100.3	119.1	102.6	86.9	79.2	98.8
7～9月	1,025	164	1,189	185	56	1,430	96.5	107.2	97.9	80.8	87.5	94.8
3年度上期	2,093	267	2,360	371	111	2,842	97.4	99.3	97.6	85.9	89.5	95.6
10月	383	48	431	68	22	521	93.9	77.4	91.7	84.0	88.0	90.5
11月	415	48	463	61	25	549	100.7	114.3	102.0	73.5	108.7	98.0

(注) (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 3年11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, ブ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- (ブ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。

改質アスファルトを用いた混合物の設計・施工の手引き

B 5 版・37ページ・実費頒価 ¥ 500 (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

改質アスファルトは、アスファルト舗装の耐久性向上を目的として、舗装用石油アスファルトの性質を改善したアスファルトで、改質方法によってその性能も多様です。したがって、これを十分に理解したうえで利用しなければ、その機能を十分に発揮させられないところがあります。

そこで、(株)日本アスファルト協会では、改質アスファルトを使用する場合の適用場所の選定をはじめ、混合物の製造および施工についての手引きをとりまとめました。

この手引きは、わが国における現今の改質アスファルトに関する標準的な技術を示したもので関係者必読の書としておすすめします。

目 次

- | | |
|---------------------|------------------------|
| 1. 総 説 | 5.3 最適アスファルト量の決定 |
| 1.1 概 説 | 5.4 流動対策 |
| 1.2 本手引きの適用にあたっての注意 | 5.5 摩耗対策 |
| 2. 改質アスファルト | 5.6 すべり対策 |
| 2.1 分 類 | 5.7 その他 |
| 2.2 特 徴 | 6. 混合物の製造・運搬 |
| 2.3 品質規格 | 6.1 概 説 |
| 3. アスファルト混合物の破損と対策 | 6.2 改質アスファルトおよび改質材料の準備 |
| 3.1 概 説 | 6.3 混合物の製造の準備 |
| 3.2 流 動 | 6.4 混合物の製造・貯蔵・運搬 |
| 3.3 摩 耗 | 7. 混合物の舗設 |
| 3.4 すべり | 7.1 概 説 |
| 3.5 その他 | 7.2 舗設準備 |
| 4. 改質アスファルトの適用 | 7.3 プライムコートおよびタックコート |
| 4.1 一般地域における適用 | 7.4 舗設温度 |
| 4.2 積雪寒冷地域における適用 | 7.5 敷きならし |
| 4.3 特殊箇所における適用 | 7.6 締固め |
| 5. 配合設計 | 7.7 継 目 |
| 5.1 概 設 | 7.8 寒冷期の施工 |
| 5.2 配合設計における確認試験 | 8. 管理と検査 |

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（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

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。

弊協会のアスファルト舗装技術委員会においてフルデプス舗装の厚さ設計の基準化とシックリフト工法の標準化に関して鋭意検討され、ここに「フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針（案）」がとりまとめられ出版されました。

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 歴青材料	6-3 検 査
3-3 骨 材	7. 記 録

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）

B 5 版・64ページ・実費頒価 ¥500（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

一般に幅員が狭く、交通量とくに大型車の通行が希少な道路については、舗装の設計・施工にアスファルト舗装要綱や簡易舗装要項の適用を必要とするには至らないが、さりとて防塵処理のいわば中間に位置付けられる舗装（広義）を歴青路面処理と名付けて、その基準化の作業に昭和47年から着手しましたが、その際に①経済的であること②相応の耐久性を有すること③設計・施工に高度の技術能力を必要としない等のことを前提として鋭意検討し、数度に渡って改訂を重ね成案を得たものです。

本指針の最も特長とするところは、対象とする道路の視察による評価と、簡単な調査・測定に基づいて、構造設計が容易に出来る方法を示したことにありますので、関係者の必読書としてお進めいたします。

目 次

1. 総 説

1-1 はじめに

1-2 歴青路面処理の対象となる 道路の条件

2. 構造設計

2-1 概 説

2-2 調 査

2-3 設計の方法

2-4 設計例

2-5 排 水

3. 路 盤

3-1 概 説

3-2 在来砂利層の利用

3-3 補強路盤の工法

4. 表 層

4-1 概 説

4-2 浸透式工法

4-3 常温混合式工法

4-4 加熱混合式工法

5. 維持修繕

5-1 概 説

5-2 維持修繕の手順

5-3 巡 回

5-4 維持修繕工法

付録1. 総合評価別標準設計例一覧

付録2. 材料の規格

付録3. 施工法の一例（D-2工法）

付録4. 材料の品質、出来形の確認

アスファルト統計史

B 5 版・187ページ・実費頒価 ¥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、「アスファルト統計史」を30周年記念として出版いたしました。

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 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3 1 3 4
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9 4 3 8
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9 5 5 6
キ グ ナ ス 石 油 株 式 会 社	(104) 中央区京橋2-9-2	03 (3535) 7 8 1 1
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 (288) 8 4 4 5
九 州 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03 (3502) 3 6 5 1
共 同 石 油 株 式 会 社	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (3224) 6 2 9 8
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3270) 0 8 4 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03 (3241) 8 6 3 1
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3 1 2 1
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内1-4-2	03 (3284) 1 9 1 1
昭 和 シ ェ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03 (3503) 4 0 7 6
昭 和 四 日 市 石 油 株 式 会 社	(510) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2 1 1 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03 (3215) 3 0 8 1
ゼ ネ ラ ル 石 油 株 式 会 社	(105) 港区西新橋2-8-6	03 (3595) 8 4 1 0
東 燃 株 式 会 社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03 (3286) 5 1 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 仙台市港5-1-1	022 (363) 1 1 1 1
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (3505) 8 5 3 0
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
日 本 石 油 精 製 株 式 会 社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3 5 7 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-2-3	03 (3211) 6 5 3 1
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 港区虎ノ門1-2-4	03 (3595) 7 4 1 3
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3244) 4 6 9 1

〔ディーラー〕

● 北 海 道

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) 3 9 0 6	コ ス モ
薦 井 石 油 株 式 会 社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1	コ ス モ
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) 2 3 6 1	共 石
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) 1 5 6 1	三 石
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) 2 8 9 5	日 石
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) 7 5 8 7	日 石
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西3	011 (231) 4 5 0 1	出 光
株式会社 ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6	コ ス モ

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
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) 3 2 9 3 共 石
カ メ イ 株 式 会 社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6 1 1 1 日 石
コスモアスファルト(株)仙台支店	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1 1 0 1 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3-3-5	022 (263) 5 9 5 1 三 石
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) 2 7 7 0 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) 7 5 6 1 共 石
常盤商事株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区錦町1-10-11	022 (224) 1 1 5 1 三 石
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) 4 8 6 6 日 石
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) 1 0 1 1 日 石
ミヤセキ株式会社	(980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1 2 3 1 三 石
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) 1 4 9 1 三 石
● 関 東		
朝 日 産 業 株 式 会 社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7 8 7 8 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 (3553) 3 0 0 1 昭和シェル
伊 藤 忠 商 事 株 式 会 社	(107) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6 6 6 0 九 石
伊 藤 忠 燃 料 株 式 会 社	(107) 港区赤坂2-17-22	03 (3584) 8 5 5 5 共 石
梅 本 石 油 株 式 会 社	(162) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7 5 4 1 コ ス モ
株式会社 木 畑 商 会	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3 1 9 1 共 石
共 立 石 油 株 式 会 社	(101) 千代田区神田西福田町3	03 (3256) 6 3 5 5 共 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8 0 1 1 コ ス モ
国 光 商 事 株 式 会 社	(164) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8 2 3 1 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 (3551) 7 1 3 1 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 (3254) 9 2 9 1 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 (3294) 3 9 6 1 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 (3578) 9 5 2 1 出 光
株式会社 ケイエム 商 運	(103) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1 6 3 1 三 石
竹 中 産 業 株 式 会 社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0 1 8 5 昭和シェル
中 央 石 油 株 式 会 社	(160) 新宿区新宿2-6-5	03 (3356) 8 0 6 1 モービル
株式会社 トーアス	(160) 新宿区西新宿2-7-1	03 (3342) 6 3 9 1 共 石
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (3496) 8 6 9 1 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 (3591) 3 4 0 1 富 士 興
東 光 商 事 株 式 会 社	(104) 中央区京橋1-5-12	03 (3274) 2 7 5 1 三 石
東 新 瀝 青 株 式 会 社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3 5 5 1 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3552) 8 1 5 1 コ ス モ
東 和 産 業 株 式 会 社	(174) 板橋区坂下3-29-11	03 (3968) 3 1 0 1 三 共 油 化
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3 4 7 1 日 石
株式会社 南 部 商 会	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5 8 7 1 日 石
日 石 丸 紅 株 式 会 社	(104) 中央区築地5-4-14	03 (3541) 4 0 1 5 日 石
日 東 商 事 株 式 会 社	(170) 豊島区巢鴨4-22-23	03 (3915) 7 1 5 1 昭和シェル
日 東 石 油 株 式 会 社	(104) 中央区新川2-3-11	03 (3551) 6 1 0 1 昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4 9 5 1 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 (3580) 5 2 1 1 富 士 興
富 士 鉱 油 株 式 会 社	(105) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2 8 9 1 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 (3274) 2 0 6 1 共 石
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3 5 0 1 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 (3293) 4 1 1 1 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 (3293) 7 1 1 1 極 東 石
三菱商事石油株式会社	(105) 港区海岸1-11-1	03 (5404) 4 6 3 7 三 石
ユニ石油株式会社	(101) 千代田区神田東紺屋町30	03 (3256) 3 4 4 1 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) 1 2 8 1 三 石
菱油販売株式会社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (3345) 8 2 0 5 三 石
瀝青販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7 6 9 1 出 光

● 中 部

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) 1 1 1 1 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) 7 1 5 1 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) 2 5 8 8 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) 2 7 8 1 昭和シェル
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7 7 2 1 コ ス モ
静岡鉱油株式会社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1 1 9 5 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) 3 5 1 4 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) 1 5 6 5 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) 1 7 2 1 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) 3 5 8 5 共 石
富安産業株式会社	(939) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2 2 9 8 昭和シェル
中西瀝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) 5 0 1 1 日 石
松村物産株式会社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6 1 2 1 三 石
丸福石油産業株式会社	(933) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2 8 6 0 昭和シェル
三谷商事株式会社	(910) 福井市豊島1-3-1	0776 (20) 3 1 3 4 モービル

● 近 畿

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) 2 2 7 1 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) 2 8 1 0 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) 0 0 3 1 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) 7 2 1 2 コ ス モ
共和産業株式会社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1 5 0 0 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) 2 7 3 1 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) 6 2 6 2 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) 1 5 5 1 昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670) 姫路市北条口3-51	0792 (77) 5 0 0 1 共 石
信和興業株式会社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3 6 9 1 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) 5 5 1 0 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) 3 3 0 1 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) 0 3 5 0 富 士 興
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5 5 3 1 三 石
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2 5 5 1 共 石
中西瀝青株式会社 大阪営業所	(530) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (316) 0 3 1 2 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) 5 8 5 6 富 士 興
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5 1 9 5 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
富士商株式会社	(756) 小野田市稲荷町6539	08368 (3) 3 2 1 0 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) 2 7 7 1 昭和シェル
株式会社 松 宮 物 産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1 6 0 8 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) 8 0 7 3 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) 0 5 5 5 共 石
株式会社 菱 芳 礦 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1 3 4 4 共 石
● 四国・九州		
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) 3 8 5 1 共 石
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4 1 1 1 共 石
大分九石販売株式会社	(870) 大分市中央町1-1-3	0975 (34) 0 4 6 8 九 石
株式会社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5 1 1 1 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) 4 8 6 8 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) 7 4 3 6 コ ス モ
サンヨウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7 6 1 5 富 士 興
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5 1 3 1 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) 1 6 4 5 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) 6 8 8 1 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) 4 8 3 8 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) 1 0 0 1 三 石
畑 砒 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3 6 2 5 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) 7 2 5 5 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) 7 5 6 1 昭和シェル

編集顧問

多田 宏 行
藤 井 治 芳
松 野 三 朗

編集委員

委 員 長 : 河 野 宏	副 委 員 長 : 真 柴 和 昌
秋 葉 國 造	菅 野 善 朗
阿 部 忠 行	田 井 文 夫
荒 井 孝 雄	山 田 実
安 崎 裕	栗 谷 川 裕 造
飯 島 尚	辻 保 人
	小 島 逸 平
	鶴 窪 廣 洋
	児 玉 充 生
	野 村 敏 明
	白 神 健 児
	姫 野 賢 治

アスファルト 第171号

平成4年4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 03-3502-3956

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 03-3571-0997(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 03-5563-0123(代)

ASPHALT

Vol. 34 No. 171 APRIL 1992

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION